



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
INGENIERÍA MECÁNICA

“Propuesta de mejoramiento del sistema de climatización del edificio
de la biblioteca Esmán Marín (UNI-RUSB)”

AUTORES

Br. Eddy Antonio Trejos Murillo

Br. Orlando Ariel Gutiérrez Salmerón

TUTOR

MSc. Lester Antonio Artola Chavarría

Managua, 28 de Julio de 2017

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado en primera instancia a Dios que es el que posibilitó todas las circunstancias y hechos para que pudiéramos culminar con satisfacción dicho trabajo, así como quien es el que nos ha dado y nos da las fuerzas para trabajar.

Nuestras familias que siempre apoyaron nuestros esfuerzos y dedicación; moralmente y económicamente además de proveer la inspiración y razones para seguir adelante. Esta dedicatoria va dirigida también a nuestra universidad, alma mater, casa de estudios que nos formó, que nos dio la oportunidad de entrar al mundo del conocimiento y el saber, nos apoyó en materias e ideas y por mucho donde encontramos un segundo hogar, a cada persona que constituye dicha casa de estudio que con su labor ayuda a que todo este pensamiento de futuro sea posible.

Por lo tanto entendemos bajo esta dedicatoria que nuestra razón de ser de estudiantes así como luego convertirnos en hombres de trabajo, conocimiento y ciencia solo tendrá un verdadero sentido si nuestro esfuerzo sea para bien de nuestras familias y nuestra patria además de ayudar a los menos favorecidos con nuestro trabajo, además de siempre tratar de ser un ente de cambio para bien de nuestra nación.

Estando claros de esto podemos estar agradecidos por lo que hemos recibido pero también sabemos que así debemos retribuir. La mejor interpretación de esta idea final es mostrada en un pensamiento en uno de los ingresos de nuestra casa de estudios que evoca la fuerza de cambios que pueden ser las nuevas generaciones como es: "Sin una juventud dispuesta al sacrificio no hay revolución".

RESUMEN DEL TEMA

La principal función del presente trabajo es poder brindar una serie de recomendaciones que permitan mejorar el uso del sistema de climatización del edificio de la biblioteca del recinto universitario Simón Bolívar.

El levantamiento y recolección de datos permitió desarrollar un diagnóstico que brindó la base de información para tomar decisiones sobre las recomendaciones que deberían ser aplicadas en el entorno de la biblioteca. Este diagnóstico está basado en datos que se recolectaron en el periodo del segundo semestre del 2015 y primer semestre del 2016.

Entre las principales ventajas a señalar del estudio existe el fácil acceso a las instalaciones y equipos que componen el sistema de climatización, así como el acceso a información referente al tema. Entre las desventajas del estudio existe la falta de una base de datos con respecto a los equipos que ayude a la toma de decisiones al momento de renovar unidades que presente daño irreparable, así como propiamente un plan de mantenimiento que permitiera crear una evaluación a partir del mismo; además de no haber un respaldo de información de los paneles de control de energía eléctrica, lo que provoca confusión al momento de suministrar energía eléctrica a equipos específicos.

ÍNDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	2
JUSTIFICACIÓN	3
HIPÓTESIS	4
MARCO TEÓRICO	5
CAPÍTULO I	5
1. GENERALIDADES DE CLIMATIZACIÓN	5
1.1. Historia del aire acondicionado	5
1.2. Climatización	6
1.3. Proceso de climatización	6
1.3.1. Control de la temperatura	6
1.3.1.1. Control de la temperatura de evaporación	7
1.3.1.2. Control de la temperatura de condensación	7
1.3.2. Control de la humedad	7
1.3.3. Limpieza y purificación del aire	8
1.3.4. Renovación y circulación del aire	8
1.4. Funciones que deben cumplir los equipos de climatización	8
1.4.1. Enfriamiento y deshumidificación	8
1.4.2. Calentamiento	8
1.4.3. Humidificación	9
1.4.4. Ventilación	9
1.4.5. Filtrado	9
1.4.6. Circulación	9
1.5. Ciclo de Refrigeración	9
1.5.1. Compresión	9
1.5.2. Condensación	10
1.5.3. Control de flujo de refrigerante	10
1.5.4. Evaporación	10
1.6. Confort térmico	11
1.7. Estrés térmico	11
1.8. Temperatura del aire	11

1.9.	Humedad del aire	12
1.10.	Movimiento del aire	12
2.	MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR	12
2.1.	Conducción	12
2.2.	Convección.....	13
2.3.	Radiación.....	13
3.	CARGA DE ENFRIAMIENTO	14
3.1.	Efecto de almacenamiento de calor	14
3.2.	Ganancias de calor en recintos.....	14
	CAPITULO II	19
1.	FACTORES AMBIENTALES.....	19
1.1.	Aire	19
1.2.	Calor sensible	19
1.3.	Calor latente.....	20
1.4.	Temperatura de Bulbo Seco.....	20
1.5.	Temperatura de Bulbo húmedo	21
1.6.	Temperatura o punto de rocío.....	21
1.7.	Humedad relativa	22
1.8.	Humedad específica	22
1.9.	Deshumidificación	22
1.10.	Variación de Temperatura	23
1.11.	Radiación solar	23
1.12.	Presión Atmosférica.....	23
1.13.	Precipitaciones	24
	CAPÍTULO III	25
1.	GENERALIDADES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	25
1.1.	Aire acondicionado.....	25
1.2.	Componentes del sistema de aire acondicionado split	25
	Unidad exterior del Aire Acondicionado.....	25
1.2.1.	Compresor.....	25
1.2.2.	Condensador.....	25
1.2.3.	Elementos de Expansión	26
1.3.	Unidad interior de un aire acondicionado split.....	27

1.3.1.	Serpentín del evaporador o serpentín de refrigeración.....	27
1.3.2.	Filtro de aire	27
1.3.3.	Ventilador de refrigeración o soplador	27
1.3.4.	Tubería de desagüe.....	27
1.3.5.	Rejillas o aletas.....	27
1.3.6.	Tubería refrigerante	27
1.4.	Refrigerante.....	28
1.4.1.	Identificación de Refrigerantes.....	28
1.4.2.	Requerimientos de los Refrigerantes.....	29
2.	TIPOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO MAS USADOS.....	30
2.1.	Sistema Split Inverter.....	30
2.2.	Sistema Multi-Split	31
2.3.	Sistema de Unidad Central o Equipos de conducto	31
3.	TECNOLOGÍA Y EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.....	31
3.1.	Tecnología inverter en sistemas de aires acondicionados.....	31
3.2.	Aire acondicionado y su nivel de eficiencia energética.....	32
3.3.	Ahorro energético de equipos de aire acondicionado	33
3.4.	Eficiencia energética:.....	34
	DESARROLLO	35
	Resultados del diagnóstico realizado	35
	Planta alta.....	35
	Planta baja	36
	Cielo raso	36
	Diagnostico cuantitativo de los datos obtenidos	37
	Estimación de la carga térmica de la planta alta.....	37
	Ganancia de calor a través del techo.....	37
	Ganancia de calor por paredes a través de conducción.....	38
	Ganancia de calor por ventanas.....	42
	Ganancia de calor por iluminación	48
	Ganancia de calor por ocupación	49
	Factor de seguridad para la carga térmica de la planta alta de la biblioteca.....	50
	Carga térmica total de la planta alta	51
	Estimacion de la carga termica de la planta baja.....	52

Estimación del factor de carga eléctrica del edificio	53
Consumo eléctrico de las unidades de aire acondicionado actuales	53
Tabla del censo de carga de la biblioteca UNI-RUSB.....	54
Banco de transformadores de la biblioteca UNI-RUSB	55
Estándares y normas de climatización	56
Normas de eficiencia energética EER, SEER	61
Refrigerante R410a.....	63
Selección del SEER.....	66
CONCLUSIONES FINALES.....	67
Viabilidad técnico ambiental económica.....	68
Recomendaciones de mantenimiento de aire acondicionado	70
Tareas de mantenimiento	70
Propuestas de mejoramiento para la biblioteca Esmán Marín, UNI-RUSB.....	73
Unidades de aire acondicionado	73
Porcentaje de ahorro eléctrico estimado	75
Recubrimiento exterior de las ventanas	75
Cielo falso.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS	
Estimación De La Carga Térmica De La Planta Baja	78
Área de atención	78
Sala de computadoras.....	83
Hemeroteca.....	88
Sala de reuniones	95
Secretaría	99
Dirección.....	101
Procesos.....	103
Factura - Proforma	105
Estimación de potencia consumida por los aparatos eléctricos en el edificio	107
Tablas De Refrigeración	110
Fotos De Las Instalaciones Y Los Equipos Del Edificio	119
Planos Del Edificio	

INTRODUCCION

Nicaragua es un país caracterizado por su clima tropical, entre sus zonas donde se presentan mayores temperaturas es la región del pacífico. Dicha región presenta a lo largo del año condiciones climáticas que vuelven necesaria la utilización de sistemas de climatización, así como el acondicionamiento de edificios e instalaciones tanto en las industrias, instituciones públicas y privadas donde generalmente se utilizan espacios cerrados lo que involucra la renovación y limpieza del aire constantemente, además de brindar las condiciones necesarias y proveer del mejor confort a sus ocupantes para que puedan desarrollar sus actividades.

La Universidad Nacional de Ingeniería, como una de las principales casas de estudio del país y líder en la enseñanza de ciencia y tecnología tiene como principales objetivos dotar a sus estudiantes de los medios y recursos que proveen un buen ambiente de aprendizaje, a la vez de garantizar el excelente nivel de educación, entre sus recursos más valiosos está el sistema de bibliotecas.

El presente trabajo se realizará en base al estado físico presente en las instalaciones de la biblioteca “Esmán Marín” del RUSB, de igual forma en todos los componentes actuales que integran el sistema de climatización de la biblioteca, además de una evaluación de la incidencia de su entorno en la calidad de climatización, su actual sistema de aire acondicionado y los cambios de temperatura de los diferentes periodos del año con respecto al uso del edificio por la comunidad estudiantil.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de mejoramiento del sistema de climatización del edificio de la biblioteca “Esmán Marín” en el recinto universitario Simón Bolívar de la Universidad Nacional de Ingeniería.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico del sistema de climatización actual del edificio (unidades split, unidades centralizadas y ductos)
- Proponer alternativas de mejoras en el sistema de climatización
- Elaboración de viabilidad técnico-ambiental-económica

JUSTIFICACIÓN

Nuestro estudio se hace ante la necesidad de incrementar la calidad del sistema de climatización presente en las instalaciones de la biblioteca Esmán Marín para mejorar las condiciones del ambiente de trabajo tanto para estudiantes, investigadores y trabajadores de la universidad.

Teniendo en cuenta que el confort en el momento de estudio es un factor que incide en la asimilación de información y vuelve más productivas a las personas, para contrarrestar el estrés que provoca las altas temperaturas así como los efectos negativos en la salud*.

Este trabajo también se vuelve de utilidad para fines del diseño del sistema de climatización en la posible ampliación de la biblioteca como referencia y de antecedentes de consideración al momento de diseñar dicho sistema.

* Tuc, M. (2013).Clima del aula y rendimiento escolar. Universidad Rafael Landívar:
Recuperado de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/05/09/Tuc-Martha.pdf>

HIPÓTESIS

La deficiencia del sistema de climatización se debe al deterioro de sus elementos; a la falta de control de los factores externos y la ausencia de un programa adecuado de mantenimiento y administración del sistema, que permita estar acorde con estándares de optimización y de confort.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES DE CLIMATIZACIÓN

1.1. Historia del aire acondicionado

En 1842 Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado, con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano. El científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante.

En 1902 el estadounidense Willis Haviland Carrier sentó las bases de la refrigeración moderna al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, desarrollando el concepto de climatización de verano. Carrier recién graduado de la Universidad de Cornell, con una Maestría en Ingeniería acababa de ser empleado por la Compañía Buffalo Forge; El joven se puso a investigar con tenacidad cómo resolver el problema y diseñó una máquina que controlaba la temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de aire acondicionado de la Historia.

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier. Durante aquellos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad.

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos; pero fue hasta después de la segunda guerra mundial que el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo.

(Gonzalez,C. Historia del aire acondicionado. Recuperado de <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado>)

1.2. Climatización

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.

La climativa se define como: dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.

La climatización comprende tres cuestiones fundamentales: la ventilación, la calefacción o climatización de invierno, y la refrigeración o climatización de verano.

1.3. Proceso de climatización

Este proceso contiene los siguientes puntos:

1.3.1. Control de la temperatura

En general la temperatura se mide con termómetros; el más común de ellos se basa en el hecho de que la mayor parte de los líquidos se expanden y se contraen cuando se eleva o disminuye su temperatura.

1.3.1.1. Control de la temperatura de evaporación

La regulación de la temperatura de evaporación depende entre otros factores, de la temperatura que se desee en el interior de la cámara o recinto, del tipo de evaporador y del destino de la instalación. Es sabido que para favorecer la evaporación de un fluido necesita encontrar una baja presión, ya que si en estas condiciones se le suministra calor, entrara en ebullición sin aumentar su temperatura.

En los manómetros de baja presión, se encuentran representadas las temperaturas de evaporación de los distintos refrigerantes más utilizados en la industria frigorífica, que varían según sea la presión a la que se les someta.

1.3.1.2. Control de la temperatura de condensación

La temperatura de condensación depende entre otro factores, de la temperatura que tenga el medio empleado para condensar (aire o agua), del tipo de condensador, etc.

La temperatura de condensación se lee en el manómetro de alta presión, en el cual encontraremos las temperaturas de condensación correspondientes a los refrigerantes que contenga.

1.3.2. Control de la humedad

Esta es la condición del aire con respecto a la cantidad de agua que contiene. El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en invierno o de la pegajosidad en verano, algunas veces se puede estar molesto con la humedad si tener en cuenta la temperatura.

La humedad se puede calcular por medio de un psicrómetro de onda, una carta psicrometrica o un instrumento llamado higrómetro, que indica la humedad en forma directa.

1.3.3. Limpieza y purificación del aire

La mayor parte de los sistemas cuentan con dispositivos que eliminan las partículas de polvo o tierra, que se originan principalmente por la contaminación industrial; a veces también se eliminan gases cuyo olor es desagradable.

Esto es importante para las siguientes razones:

- Protección de la salud y el confort humano
- Mantenimiento de la limpieza y los muebles del recinto
- Protección del equipo de acondicionamiento de aire

1.3.4. Renovación y circulación del aire

Para la circulación adecuada de la masa de aire se utilizan ventiladores que la distribuyen en el recinto y en los ductos; con el fin de obtener uniformidad de esta y el confort deseado.

1.4. Funciones que deben cumplir los equipos de climatización

1.4.1. Enfriamiento y deshumidificación

El enfriamiento es un proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo o un espacio, se efectúa en verano mediante el sistema de refrigeración. De forma simultánea se realiza la deshumidificación, ya que de lo contrario aumenta de forma significativa el porcentaje de humedad relativa, provocando sensación de molestia y pesadez.

1.4.2. Calentamiento

Proceso mediante el cual se aporta calor a alguien o algo con el fin de mantener o elevar su temperatura; el calentamiento del aire se efectúa en invierno mediante la calefacción.

1.4.3. Humidificación

A través de un sistema humidificador que incorporan al aire agua finamente pulverizada, la humidificación evita que la disminución de la humedad relativa del aire debido a la calefacción produzca resecamiento de las mucosas respiratorias, con las consiguientes molestias fisiológicas.

1.4.4. Ventilación

Consiste en la entrada de aire exterior para renovar el aire a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, evitando viciamientos y olores.

1.4.5. Filtrado

Consiste en tratar el aire mediante filtros para quitar el polvo, impurezas y partículas en suspensión.

1.4.6. Circulación

Es necesario un cierto movimiento de aire con el fin de evitar su estancamiento, pero sin que se produzcan corrientes perjudiciales.

1.5. Ciclo de Refrigeración

Todo sistema de refrigeración está conformado por cuatro componentes básicos y cada uno de ellos efectúa un proceso específico con el fin de conformar el “ciclo de refrigeración” y así obtener el beneficio de extraer parte del calor que poseen los cuerpos con el fin de conservarlos o para cumplir un proceso doméstico, comercial o industrial; estas funciones son:

1.5.1. Compresión

Se succiona el refrigerante en estado gaseoso recalentado a baja presión y temperatura, procedente del evaporador y le eleva la presión a un valor tal, que su temperatura de compresión correspondiente se eleve por encima de la temperatura ambiente o del medio condensante para que de esta forma el refrigerante pueda ceder su calor latente de condensación y así pueda pasar del estado gaseoso al líquido.

1.5.2. Condensación

El refrigerante en estado gaseoso recalentado a alta presión y temperatura procedente de la descarga del compresor entra al condensador y en los primeros tubos entrega calor sensible que corresponde a los grados de recalentamiento del refrigerante hasta que éste obtiene su condición de gas saturado a alta presión y temperatura, ya en este estado, continua cediendo al condensador calor latente de condensación para cambiar a la fase líquida. En los últimos tubos sigue cediendo calor sensible para que el refrigerante líquido se sub-enfríe unos pocos grados por debajo de su temperatura de saturación. Es importante tener en cuenta, que al control de flujo (VET, tubo capilar, etc.) el refrigerante debe llegar 100% líquido y con algunos grados de sub-enfriamiento para aumentar el efecto refrigerante en el evaporador. Cualquier cantidad de refrigerante que pase al evaporador en estado gaseoso implica pérdidas en el efecto refrigerante y la eficiencia.

1.5.3. Control de flujo de refrigerante

La temperatura de vaporización de un líquido depende de la presión a la cual este sometido el líquido. Esta temperatura es directamente proporcional a su presión.

El refrigerante llega al control de flujo en estado líquido a alta presión, tan pronto pasa a la salida del control el refrigerante encuentra una súbita caída de presión generada por el compresor. Esta caída de presión hace que el refrigerante ebulle o se vaporice.

1.5.4. Evaporación

Cuando el refrigerante encuentra esta presión muy baja en el evaporador, empieza a cambiar rápidamente de fase líquida a gaseosa a una temperatura cercana a los 0°F. De esta forma se obtiene un diferencial de temperatura óptimo para que los productos o espacios cedan parte de su calor al refrigerante a través del evaporador. Para que el refrigerante pase del estado líquido al gaseoso necesita calor, este calor lo obtiene el refrigerante de los productos que hemos depositado en espacios como el refrigerador, el

congelador, el cuarto frío, la oficina que tiene aire acondicionado, etc. En los últimos tubos del evaporador el refrigerante se recalienta unos grados con el fin de que este llegue nuevamente en estado gaseoso recalentado al compresor, para iniciar un nuevo ciclo.

1.6. Confort térmico

Podríamos decir que existe «confort térmico» cuando las personas no experimentan sensación de calor ni de frío; es decir, cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimientos del aire son favorables a la actividad que desarrollan.

Unas de las condiciones son la temperatura y la humedad relativa, bajo las que se encuentran confortables la mayor parte de los seres humanos. Estas condiciones oscilan entre los 23° y los 26° C (69,8-80° F) de temperatura y del 50 por ciento de humedad relativa; con una velocidad óptima del aire entre 0.25 m/s.

1.7. Estrés térmico

Es la causa de los diversos efectos patológicos que se producen cuando se acumula excesivo calor (estrés por calor) o se elimina excesivo calor (estrés por frío) en el cuerpo humano.

Entendemos por estrés térmico la presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesta a temperaturas extremas y que a igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire, presenta para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y su aclimatación.

1.8. Temperatura del aire

La temperatura seca del aire es la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. La diferencia entre esta temperatura y la de la piel de las personas determina el intercambio de calor entre el individuo y el aire; a este intercambio se le denomina «intercambio de calor por convección». También existe el intercambio de calor por radiación entre unas y otras superficies del

ambiente (piel, máquinas, cristales, paredes, techos, etc.), que hace que, por ejemplo, pueda ser agradable estar en una casa en la que la temperatura es de 15° C, pero sus paredes están a 22° C. Si la temperatura de la piel es mayor que la temperatura radiante media, el cuerpo cede calor por radiación al ambiente; si es al revés, el organismo recibe calor del medio.

1.9. Humedad del aire

La humedad es el contenido de vapor de agua que tiene el aire. El mecanismo por el cual se elimina calor del organismo es a través de la transpiración. Cuanta más humedad haya, menor será la transpiración; por eso es más agradable un calor seco que un calor húmedo. Un valor importante relacionado con la humedad es el de la humedad relativa, que es el porcentaje de humedad que tiene el aire respecto al máximo que admitiría.

1.10. Movimiento del aire

La velocidad del aire interviene de forma directa en el balance térmico y en la sensación térmica, ya que, según sea la velocidad, variará la capa de aire que nos aísla y aumentará la evaporación del sudor.

2. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

La transferencia de calor es el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura. Cuando un cuerpo está a una temperatura diferente a la de su entorno u otro cuerpo, la transferencia de energía térmica, también conocida como transferencia de calor, ocurre de tal manera que el cuerpo y su entorno alcancen equilibrio térmico. La transferencia de calor siempre ocurre desde un cuerpo más caliente a uno más frío; y existen tres modos distintos por los cuales puede efectuarse la transferencia de calor: *conducción, convección y radiación*.

2.1. Conducción

Es la forma de transferencia de calor a través de un cuerpo que se presenta sin movimiento alguno del mismo; es el resultado de acciones moleculares o electrónicas y varía según el material al que se le aplique calor.

- Transferencia de calor por conducción

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{kA}{x}(T_1 - T_2)$$

Donde:

$\frac{Q}{\Delta t}$ es el calor transmitido por unidad de tiempo.

$k (\lambda)$ es la conductividad térmica.

A es el área de la superficie de contacto.

$(T_1 - T_2)$ es la diferencia de temperatura entre el foco caliente y el frío.

x es el espesor del material.

2.2. Convección

Es la forma de transferencia de calor que resulta del movimiento global de líquidos o gases; y puede darse de dos formas: convección natural y convección forzada.

- Transferencia de calor por convección

$$\frac{dQ}{dt} = hA_s(T_s - T_{inf})$$

Donde:

h es el coeficiente de convección (o coeficiente de película)

A_s es el área del cuerpo en contacto con el fluido,

T_s es la temperatura en la superficie del cuerpo y

T_{inf} es la temperatura del fluido lejos del cuerpo.

2.3. Radiación

Es la forma de transferencia de calor que se presenta entre dos cuerpos separados (en ausencia de un medio) como resultado de la llamada radiación electromagnética, a la que también a veces se le conoce como movimiento ondulatorio.

3. CARGA DE ENFRIAMIENTO

El interior de un recinto gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. A la cantidad neta de calor que se retira se le llama carga de enfriamiento.

3.1. Efecto de almacenamiento de calor

La ganancia de calor bruta del recinto es la velocidad a la que se recibe calor en cualquier momento en el recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación, conducción y convección, personas, equipo, infiltración. Todo ese calor que se recibe de esas fuentes en general no se emplea en forma inmediata para calentar el aire del recinto; Algo del calor, en especial la energía radiante del sol, las luces y la gente, se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto de su estructura como de sus muebles; A esto se le llama el efecto de almacenamiento de calor, el cual es el calor que se absorbe y almacena en los materiales de construcción. Como resultado de esto la ganancia neta de calor al aire del recinto provenientes de las fuentes de calor, es menor que las ganancias brutas de calor.

La carga de enfriamiento del recinto, que es la velocidad a la cual se debe eliminar el calor del recinto para mantener las condiciones de diseño, es la suma de las ganancias netas de calor

3.2. Ganancias de calor en recintos

Los componentes que atribuyen a la ganancia de calor son los siguientes:

- Conducción a través de paredes, techo y vidrio al exterior
- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos
- Radiación solar a través de vidrios
- Alumbrado
- Personas
- Equipos
- Infiltración del aire exterior a través de aberturas

- Ventilación cuando se admite aire del exterior por razones sanitarias

Conducción de calor a través de la estructura exterior

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

Donde:

Q = ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio, Btu/h (toneladas de refrigeración/hora)

U = coeficiente general de transferencia de calor por el techo, pared o vidrio, Btu/h - ft² - °F.

A = área del techo, pared o vidrios, ft².

DTCE_e = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F.

DTCE para paredes y techos

$$DTCE_e = [(DTCE + LM) * K + (78 - t_r) + (t_0 - 85) * f]$$

DTCE para vidrio

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

DTCE_e = Valor corregido de DTCE, °F

DTCE = Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento

LM = Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos

K = Corrección debido al color de la superficie

K = 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales

K = 0.5 para techos de color, claro en zonas rurales

$K = 0.65$ para paredes de color claro en zonas rurales

t_r = Temperatura de recinto, °F

t_o = Temperatura de diseño exterior promedio, °F

f = factor de corrección para ventilación del cielo raso

Coeficiente general de transferencia de calor por techo, pared o vidrio (U)

$$U = 1/R$$

R = resistencia térmica del material, $\text{hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}/\text{BTU}$

$$R = 1/C$$

C = conductancia térmica, $\text{BTU}/\text{hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$

$$C = k/L$$

k = conductividad térmica, $\text{BTU}/\text{hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$

L = espesor del material, pulgadas

Radiación solar a través de vidrios

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

Q = Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio BTU/hr

$FGCS$ = Factor de ganancia máxima de calor solar, $\text{BTU}/\text{h-ft}^2$

A = Área del vidrio ft^2

CS = Coeficiente de sombreado

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el vidrio

Alumbrado

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

Donde:

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, Btu/h

W = capacidad del alumbrado, watts.

FB = factor de balastro, un valor típico es de 1.25 para alumbrado fluorescente

FCE = factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

El valor 3.4 es para convertir watts a Btu/h

Para lámparas fluorescentes o de descarga

$$Q = 1.25 * n * P_L$$

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/hr

n = número de lámparas

P_L = potencia de la lámpara

El 1.25 se considera por el consumo complementario de las reactancias

Para lámparas incandescentes

$$Q = n * P_L$$

Q = ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/hr

n = número de lámparas

P_L = potencia de la lámpara

Ganancia de calor por ocupación

La ganancia de calor por personas se compone de dos partes: Calor sensible y calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor; pero no el latente.

Calor sensible originado por personas

$$Q_S = q_S * n * FCE$$

Q_S = Ganancia de calor sensible total

q_S = Ganancia de calor sensible por persona

n = Número de personas

FCE = Factor de carga de enfriamiento por personas

- Si el sistema de acondicionamiento se apaga en la noche, no se debe incluir el almacenamiento de calor y $FCE=1$

Calor latente originado por personas

$$Q_L = q_l * n$$

Q_L = Ganancia de calor latente

q_l = Ganancia de calor latente por persona

n = número de personas

CAPITULO II

1. FACTORES AMBIENTALES

1.1. Aire

Es la mezcla homogénea de gases que constituye la atmósfera terrestre, está compuesto principalmente por nitrógeno, oxígeno y argón. El resto de los componentes, entre los cuales se encuentran los gases de efecto invernadero, son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono, entre otros. En pequeñas cantidades pueden existir sustancias de otro tipo: polvo, polen, esporas y ceniza volcánica. También son detectables gases vertidos a la atmósfera en calidad de contaminantes, como cloro y sus compuestos, flúor, mercurio y compuestos de azufre.

1.2. Calor sensible

Es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado. En general, se ha observado experimentalmente que la cantidad de calor necesaria para calentar o enfriar un cuerpo es directamente proporcional a la masa del cuerpo y a la diferencia de temperaturas. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de calor específico.

Si el proceso se efectúa a presión constante:

$$Q_s = \Delta H = mC_p(t_2 - t_1)$$

Donde:

H es la entalpía del sistema

m es la masa del cuerpo

C_p es el calor específico a presión constante (definido como la cantidad de calor requerida para aumentar en un grado la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo a presión constante)

t_2 es la temperatura final y t_1 es la temperatura inicial del cuerpo

Si el proceso se efectúa a volumen constante:

$$Q_s = \Delta U = nC_v(t_2 - t_1)$$

Donde:

U representa la energía interna del sistema

n son las moles de la sustancia

C_v es el calor específico a volumen constante

1.3. Calor latente

Es la energía requerida por una cantidad de sustancia para cambiar de fase, de sólido a líquido (calor de fusión) o de líquido a gaseoso (calor de vaporización). Se debe tener en cuenta que esta energía en forma de calor se invierte para el cambio de fase y no para un aumento de la temperatura.

$$Q = mL$$

Donde:

Q calor necesario para el cambio de fase de una sustancia

m masa

L calor latente de la sustancia y depende del tipo de cambio de fase

1.4. Temperatura de Bulbo Seco

También llamada temperatura seca es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco. Mediante el diagrama psicrométrico es posible a partir de dos valores de entrada, uno de los cuales suele ser la temperatura seca por su fácil determinación, conocer el resto de las propiedades de las mezclas de aire seco y vapor de agua.

$$\Rightarrow K = {}^{\circ}C + 273,15$$

$$\Rightarrow {}^{\circ}C = \frac{{}^{\circ}F - 32}{1,8}$$

1.5. Temperatura de Bulbo húmedo

Se mide por medio de un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua, que se emplea para medir la temperatura húmeda del aire. Al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua. La corriente de aire puede darse mediante un pequeño ventilador o poniendo el termómetro en una especie de carraca para darle vueltas.

1.6. Temperatura o punto de rocío

Es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina, cualquier tipo de nube o en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

Punto de rocío Atmosférico: la temperatura a la que el vapor de agua comienza a condensarse en la naturaleza (a la presión atmosférica).

Punto de rocío a Presión: la temperatura a la que el vapor de agua comienza a condensarse con una presión superior (temperatura de condensación que afecta en una instalación de aire comprimido).

$$Pr = \sqrt[8]{\frac{H}{100}} \cdot (112 + 0.9 \cdot T) + (0.1 \cdot T) - 112$$

Donde:

Pr = Punto de rocío.

T = Temperatura en grados Celsius

H = Humedad relativa

1.7. Humedad relativa

Es la proporción de vapor contenida en relación a la necesaria para llegar al punto de saturación, expresada en porcentaje. Cuando el aire se satura (humedad relativa igual al 100 %) se llega al punto de rocío. La saturación se produce por un aumento de humedad relativa con la misma temperatura, o por un descenso de temperatura con la misma humedad relativa.

$$\Phi = 100(n_v / n_{vs})$$

Donde:

Φ humedad relativa

n_v numero de moles del vapor de agua en el aire

n_{vs} numero de moles del vapor de agua en el aire saturado

1.8. Humedad específica

Es conocida como humedad absoluta o relación de humedad, se refiere a la cantidad de vapor de agua que hay en el aire. Así, si relacionamos la masa de vapor de agua y el volumen que ocupa el aire húmedo a una temperatura y presión dadas, estamos hablando de humedad absoluta, que viene expresada en kg de vapor de agua/m³ de aire seco.

$$\omega = 0.622(P_v / P)$$

Donde:

ω humedad específica

P_v presión parcial del vapor de agua

P presión atmosférica

1.9. Deshumidificación

Es el proceso de retirar el vapor de agua contenida en el aire, llamada también humedad. Existen diferentes procesos para remover la humedad del aire, estos son: por enfriamiento, hasta alcanzar una temperatura por debajo del punto de rocío, por el incremento de la presión total, lo cual causa la condensación, y por último poner en contacto un desecante con el aire, con lo cual, la humedad del

aire migra hacia el desecante, impulsado por la diferencia en las presiones de vapor entre el aire y el desecante.

1.10. Variación de Temperatura

Es la variación en la medida del valor de temperatura en un recinto en un periodo de 24 horas.

1.11. Radiación solar

Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. El Sol es una estrella que se encuentra a una temperatura media de 6000 Kelvin, en cuyo interior tienen lugar una serie de reacciones de fusión nuclear que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del Sol se transmite al exterior mediante la radiación solar.

1.12. Presión Atmosférica

Es la fuerza por unidad de área que ejerce el aire sobre la superficie terrestre. La presión atmosférica en un lugar determinado experimenta variaciones asociadas con los cambios meteorológicos. Por otra parte, en un lugar determinado, la presión atmosférica disminuye con la altitud.

La altura modifica tanto la temperatura como la presión atmosféricas al modificarse la densidad del aire. El fenómeno es muy sencillo: el aire se calienta en contacto con la superficie terrestre, tanto en la parte sólida como en la superficie de los océanos y mares, especialmente en este último caso. Al calentarse el aire se eleva porque disminuye de densidad y por lo tanto, de presión y asciende hasta equilibrarse la densidad de la columna ascendente del aire con su entorno a un nivel superior. Sin embargo, la comprensión de este proceso es mucho más compleja, ya que las variaciones de la presión no varían exclusivamente con la altura sino con otros factores como son la mayor o menor humedad y con la latitud, que modifica sustancialmente el mayor o menor espesor de la atmósfera por razones dinámicas

1.13. Precipitaciones

Es la caída de agua sólida o líquida debido a la condensación del vapor sobre la superficie terrestre; Es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y luego este llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina, ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico.

CAPÍTULO III

1. GENERALIDADES DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

1.1. Aire acondicionado

El aire acondicionado es el proceso de tratamiento del mismo en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento

1.2. Componentes del sistema de aire acondicionado split

Unidad exterior del Aire Acondicionado

1.2.1. Compresor

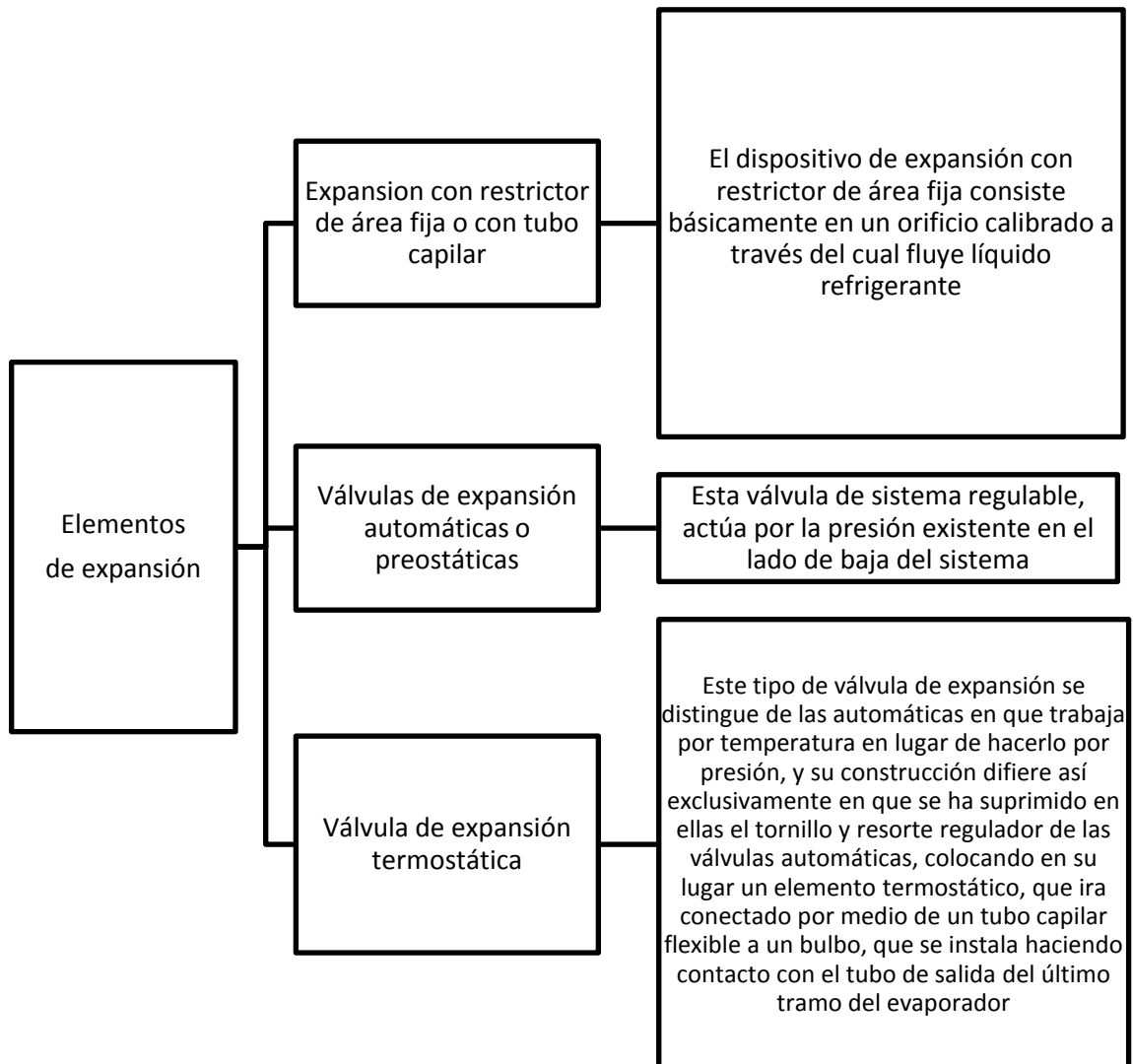
Su misión es aspirar los vapores a baja presión procedentes del evaporador, a la misma velocidad que se van produciendo y comprimirlos, disminuyendo así su volumen y aumentando en consecuencia la presión y temperatura del gas.

1.2.2. Condensador

El condensador se tiene que entender como un intercambiador de calor, entre el que transporta el refrigerante y otro fluido más frío al que se lo cederá, utilizándose normalmente para ello aire o agua.

1.2.3. Elementos de Expansión

Su misión es reducir la presión y temperatura del refrigerante líquido que sale del condensador, hasta las condiciones de baja presión y temperatura requerida a la entrada del vapor, a la vez que plantea sus variantes, las cuales son:



1.3. Unidad interior de un aire acondicionado split

1.3.1. Serpentín del evaporador o serpentín de refrigeración

El serpentín es un intercambiador de calor que al estar en contacto con el aire de retorno el cual regresa caliente, enfría el aire gracias al refrigerante a baja temperatura que circula por su interior.

1.3.2. Filtro de aire

Dispositivo para remover partículas extrañas de un fluido, en este caso el aire.

1.3.3. Ventilador de refrigeración o soplador

Dispositivo de flujo radial o axial, usado para mover o producir flujo de gases.

1.3.4. Tubería de desagüe

Sistema de tubos que permite el desecho de residuos y líquidos de la condensación.

1.3.5. Rejillas o aletas

Apertura ornamental o persiana, colocada en un cuarto en el extremo final de un pasadizo de aire.

1.3.6. Tubería refrigerante

Sistema de tubos que permite tanto el transporte o la distribución del refrigerante a través del sistema de enfriamiento, el material debe permitir la libre circulación, así como evitar la ganancia de calor hasta que alcance el área donde debe obtener la transferencia de calor.

1.4. Refrigerante

1.4.1. Identificación de Refrigerantes

No.	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
Serie Metano		
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl_4
11	Tricloromonofluorometano	CCl_3F
12	Diclorodifluorometano	CCl_2F_2
13	Clorotrifluorometano	CClF_3
20	Triclorometano (cloroformo)	CHCl_3
21	Diclorofluorometano	CHCl_2F
22	Clorodifluorometano	CHClF_2
23	Trifluorometano	CHF_3
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH_2Cl_2
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH_3Cl
50	Metano	CH_4
Serie Etano		
110	Hexacloroetano	CCl_3CCl_3
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$
115	Cloropentafluoroetano	CClF_2CF_3
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	CHCl_2CF_3
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	$\text{CH}_2\text{F}_2\text{CF}_3$
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	$\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{F}$
150a	1,1-Dicloroetano	CH_3CHCl_2
152a	1,1-Difluoroetano	CH_3CHF_2
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
170	Etano	CH_3CH_3
Hidrocarburos		
290	Propano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$
600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
600a	2-Metilpropano (isobutano)	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$
Compuestos Inorgánicos		
702	Hidrógeno	H_2
704	Helio	He
717	Amoníaco	NH_3
718	Agua	H_2O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N_2
732	Oxígeno	O_2
744	Bióxido de Carbono	CO_2
764	Bióxido de Azufre	SO_2
Mezclas Zeotrópicas		
400	R-12/114 (60/40)	
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
407B	R-32/125/134A (10/70/20)	
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
410A	R-32/125 (50/50)	
Mezclas Azeotrópicas		
500	R-12/152a (73.8/26.2)	
502	R22/115 (48.8/51.2)	
503	R-223/13 (40.1/59.9)	
507	R-125/143a (50/50)	

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, que significa "refrigerante". El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers)

1.4.2. Requerimientos de los Refrigerantes (Propiedades Termodinámicas y Propiedades Físicas y Químicas)

Para que un líquido pueda ser utilizado como refrigerante, debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas. El refrigerante ideal, sería aquél que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, la línea de succión y el compresor.

Desafortunadamente, todos los refrigerantes regresan al evaporador arrastrando una cierta porción de calor, reduciendo la capacidad del refrigerante para absorber calor en el lado de baja.

Cuando se piensa cuidadosamente en este proceso, vienen a nuestra mente muchas preguntas: ¿Por qué los refrigerantes hierven a baja temperatura? ¿Cuánto calor se absorbe al hervir el refrigerante? ¿Qué hace realmente el compresor al refrigerante al aumentarle su presión y temperatura? ¿En cuánto se aumentan? ¿Qué causa realmente que el vapor se condense a una temperatura más alta? ¿Cómo es rechazado el calor? ¿Cuánto calor es rechazado?, y así sucesivamente.

Estas son la clase de preguntas a que se enfrenta uno en los trabajos de refrigeración. Si su trabajo es diseño de componentes y equipos, o mantener un sistema trabajando sin problemas, lo primero que debe saber es acerca del refrigerante dentro del sistema. Por ejemplo, un sistema típico tiene muchos indicadores que le dicen la condición exacta del refrigerante en varios puntos del sistema, y muchos controles que le permiten hacer ajustes cuando surja la necesidad. Estos dispositivos son necesarios, para mantener las condiciones deseadas del refrigerante al demandar cambios la carga de enfriamiento. Pero si usted no sabe cómo responde el refrigerante a los cambios de temperatura y presión, los indicadores y los controles no le serán de mucha utilidad. Para comprender los refrigerantes, es básica la relación entre presión y temperatura. Cómo absorbe, transporta y rechaza calor un refrigerante, al cambiar de líquido a vapor y volver a líquido, es igualmente importante entenderlo.

Estas son las propiedades en que los refrigerantes difieren de uno a otro.

Propiedades Termodinámicas:

1. Presión - Debe operar con presiones positivas.
2. Temperatura - Debe tener una temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación. Debe tener una temperatura de congelación por debajo de la temperatura del evaporador. Debe tener una temperatura de ebullición baja.
3. Volumen - Debe tener un valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.
4. Entalpia - Debe tener un valor alto de calor latente de vaporización.
5. Densidad
6. Entropía

Propiedades Físicas y Químicas:

1. No debe ser tóxico ni venenoso.
2. No debe ser explosivo ni inflamable.
3. No debe tener efecto sobre otros materiales.
4. Fácil de detectar cuando se fuga.
5. Debe ser miscible con el aceite.
6. No debe reaccionar con la humedad.
7. Debe ser un compuesto estable.

Fácilmente se comprende que ninguno de los refrigerantes conocidos reúne todas estas cualidades; es decir, no existe un refrigerante ideal, por lo que, en base a un balance de ventajas, deberá seleccionarse el que reúna el mayor número de estas características de acuerdo al diseño requerido.

2. TIPOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO MAS USADOS**2.1. Sistema Split Inverter**

Sirve para ahorrar energía y mejorar el rendimiento. Es el equipo ideal para mantener la temperatura adecuada y seleccionada todo el tiempo, con el mínimo consumo, esta tecnología está disponible en modelos de aire acondicionado y con bomba de calor.

2.2. Sistema Multi-Split

Se puede hacer el uso de varias unidades interiores a lo que se llama multi-split y permite regular la climatización de manera independiente.

2.3. Sistema de Unidad Central o Equipos de conducto

Se utiliza para climatizar toda la vivienda o el edificio con una sola instalación o si ya se dispone de preinstalación de conductos. Acondiciona toda la vivienda con una única unidad exterior. El conducto reparte el aire por las estancias a través de rejillas. Bajo nivel sonoro y fácil acceso a los componentes. Ideal para vivienda nueva, dúplex y oficinas que tienen techos falsos. Necesita la construcción de ductos y que el edificio presente la estructura necesaria o su modificación.

3. TECNOLOGÍA Y EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

3.1. Tecnología inverter en sistemas de aires acondicionados

Mantiene la temperatura que se solicita en el recinto sin apenas desviación. En un equipo convencional el compresor funciona a pleno rendimiento, o bien se apagan con lo que se producen frecuente apagados o encendidos. La tecnología inverter permite que el compresor no se pare a menudo, sino que mantenga unos niveles mínimos constantes de funcionamiento.

Con este sistema no notaremos altibajos de temperatura que si notaríamos con el sistema convencional debido a las arrancadas del compresor.

Se presenta como un opción para ahorro de energía ya que hay dos factores que lo propician, el primero es evitar la arrancadas y paradas del sistema tradicional ya que cada arranque del compresor implica un alto consumo de energía; el segundo factor es que al funcionar el equipo a un régimen inferior al 100% su rendimiento es mayor, podemos decir que funciona más “desahogado” por lo tanto consume menos.

3.2. Aire acondicionado y su nivel de eficiencia energética (EER y COP), (SEER y SCOP)

Eficiencia energética: Este concepto está relacionado con la cantidad de energía necesaria para el funcionamiento del sistema y el rendimiento energético que proporciona. Un buen cociente entre ambos es lo que determinara si un aparato es más o menos eficiente desde el punto de vista energético. Una normativa de la Unión Europea (UE) obliga al etiquetado de electrodomésticos según su nivel de eficiencia. Este se califica con letras desde la “A” a la “G”, siendo el primero el nivel más eficiente y el ultimo el menos eficiente.

La característica fundamental de los equipos de aire acondicionado para determinar su eficiencia energética viene determinada por los coeficientes EER y COP. El primero siglas del término inglés Energy Efficiency Ratio, es el índice de eficiencia energética de una máquina frigorífica en la modalidad de refrigeración y expresa la relación entre la potencia frigorífica total que genera el equipo y la potencia eléctrica consumida. La segunda abreviatura también derivada del término inglés Coefficient Of Performance, es el coeficiente de rendimiento de una máquina frigorífica en la modalidad de calefacción y se refiere a la relación entre la potencia calorífica total y la potencia eléctrica consumida.

Estos índices miden la energía que se produce con la energía invertida en el funcionamiento del equipo, es decir un EER o un COP con un valor de 1 significa que por cada unidad de energía utilizada se produce una unidad de energía, un EER o COP 5, quiere decir que el equipo produce cinco veces más energía que la electricidad que consume. Lo que quiere decir, cuanto mayor sean estos valores tanto de EER como de COP mayor será la eficiencia energética del equipo.

Actualmente está muy extendida en la sociedad, la utilización de la etiqueta energética tanto en electrodomésticos como en equipos de aire acondicionado, pero son menos conocidos los coeficientes en modo refrigeración y calefacción.

Con la aplicación del Reglamento Delegado 626/2011 de la Comisión europea, respecto al etiquetado de los acondicionadores de aire, desde el 1 de enero de

2013 los nuevos equipos introducidos en el mercado deben tener una nueva etiqueta energética en la que los índices EER y COP serán sustituidos por el **Factor de eficiencia energética estacional (SEER)** y el **Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP)**, parámetros ambos, con los que se pretende tener una estimación más realista de la eficiencia energética de estos sistemas.

SEER y SCOP, nuevos y mejores:

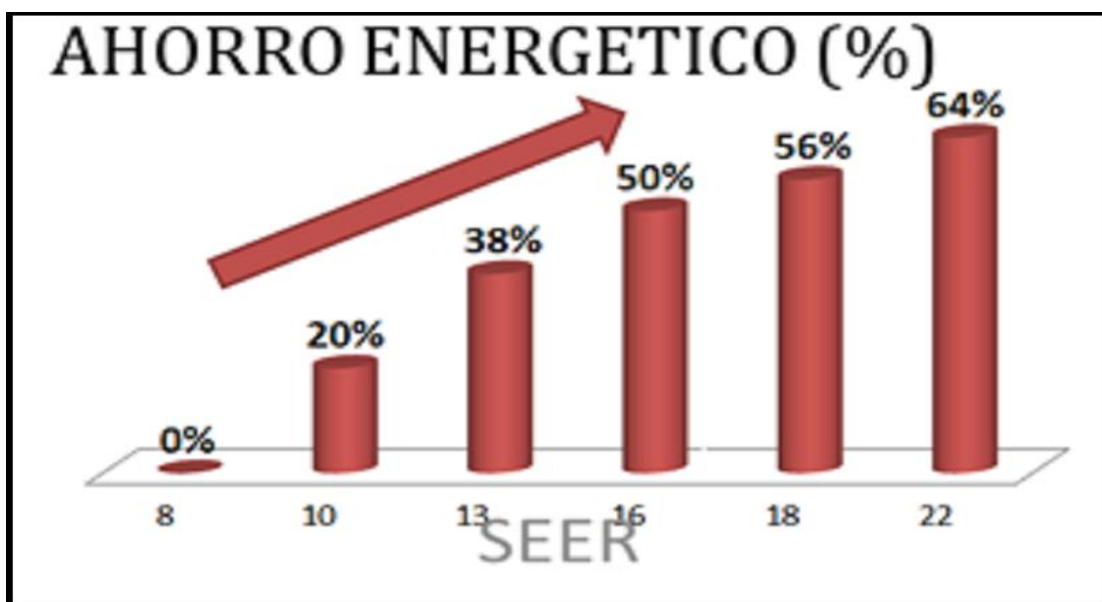
Estos nuevos ratios pretenden ser más realistas y adecuados al uso que se le da a un equipo de aire acondicionado. Hay dos parámetros importantes que no se consideraban para el EER y COP:

- Consumo del equipo cuando está apagado, desactivado por termostato o espera.
- Funcionamiento del equipo con carga parciales (100%, 74%, 47%, 21%)

De todo se deduce que estos nuevos parámetros son muchos más fiables a la hora de comparar equipos que los anteriores EER y COP, aunque utilizarlos para estimar el consumo anual de un equipo todavía puede llevarnos a error.

3.3. Ahorro energético de equipos de aire acondicionado:

Ahorro en base al SEER que poseen las unidades de climatización.



3.4. Eficiencia energética:

SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio (Índice de eficiencia energética estacional)

EER: Energy Efficiency Ratio (Índice de Eficiencia Energética)

COP: Coefficient Of Performance (Coeficiente de Rendimiento)

SCOP: Seasonal Coefficient Of Performance (Coeficiente de Rendimiento Estacional)

$$SEER = \left(\frac{BTU/h}{W} \right) \div 0.9$$

Donde:

- W: vatios promedio de entrada
- BTU/h : capacidad de enfriamiento del equipo

$$SEER = \frac{EER}{0.9}$$

$$SEER = COP \times 3.792$$

Un SEER de 13 equivalente a un COP de 3.43, que significa que 3.43 unidades de energía de calor son emanadas por cada unidad de trabajo.

$$EER = COP \times 3.413$$

DESARROLLO

La investigación aplicada en nuestro trabajo es tanto descriptiva como analítica. En la etapa preparatoria del trabajo se aplicó una investigación descriptiva la cual permitió ordenar el resultado de las observaciones, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos y hechos. La investigación analítica consistió fundamentalmente en establecer la comparación de variables con los estándares planteados por organizaciones especializadas en temas tanto ambientales como tecnologías de climatización y refrigeración, entre las cuales están: PNUMA (Programa de las naciones unidas para el medio ambiente), Energy star (Programa gubernamental del gobierno de los Estados Unidos para el mejoramiento del consumo energético), ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) y las normas ISO con respecto a la climatización.

Resultados del diagnóstico realizado

Podemos decir que se divide en dos partes, debido a las características del edificio: planta alta y planta baja.

Planta alta

En esta se encuentran 4 unidades centrales de 48,000 BTU marca YORK (fuera de funcionamiento) y 12 unidades Split de 60,000 BTU de las cuales 6 son de instalación reciente (marca FOGEL) y 6 unidades son antiguas (marcas TGM, YORK Y GOODMAN), y no funcionan de manera adecuada o no funcionan. (ver fotos en anexos, pág. 122)

Respecto al sistema de ductos se pudo determinar que se encuentra en buen estado por simple inspección, y entrevistas realizadas al equipo del área de mantenimiento; aunque se encuentra inutilizado, ya que el suministro de aire está dañado (centrales).

Planta baja

Esta parte del edificio se encuentra dividida en 7 espacios independientes (ver plano del edificio en anexos), los cuales son: área de atención, sala de computadores, hemeroteca, sala de reuniones, secretaria, dirección y sala de procesos; estos últimos 4 dependen del mismo suministro de aire acondicionado.

A continuación mencionamos las observaciones realizadas en cada área

- Área de atención: se encuentran instaladas 2 unidades split de 60,000 BTU, marca TGM.
- Sala de computadores: con una unidad split de 60,000 BTU marca GOODMAN, y poco número de ocupantes (5-6) ya que actualmente sirve de oficina.
- Hemeroteca: este es el espacio con mayor estrés térmico, están instaladas 2 unidades marca TGM de 60,000 BTU; (anteriormente existía una más pero se retiró por encontrarse en mal estado). De las 2 unidades existentes una se encuentra fuera de funcionamiento, por lo que prácticamente esta área es climatizada a medias por una sola unidad de 60,000 BTU (la estimación de la carga térmica en esta área fue de 87,000 BTU); teniendo en cuenta de lo concurrida que es esta área y su considerable número de ocupantes.
- Sala de reuniones, secretaría, dirección y procesos: estas áreas están climatizadas por una antigua unidad central de 48,000 BTU marca YORK. Este espacio posee un nivel de temperatura aceptable (medición realizada con termómetro electrónico que dio como resultado 26° C).

Cielo raso

Dentro de las observaciones realizadas al cielo raso, podemos decir que en la planta alta es donde este se encuentra deteriorado, siendo así un factor que

aunque en menor proporción contribuye a la ganancia de calor de dicho piso.
(ver imágenes en anexos, pág.124)

Diagnostico cuantitativo de los datos obtenidos

Estimación de la carga térmica de la planta alta

Ganancia de calor a través del techo

Los cálculos se realizaron para los meses de abril/Agosto como meses más calientes, a las 1:00PM como hora de máxima temperatura al día.

Para el cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

- $U = 0.092 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$ (ver anexos, tabla A1 pág. 110)

- $A = 7276.4 \text{ ft}^2$

El área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

Dónde:

- $DTCE = 71 \text{ }^\circ\text{F}$ (ver anexo tabla A1 pág. 110) calculado a las 1:00PM

- $LM = 1 \text{ }^\circ\text{F}$ (ver anexos, tabla A4 pág. 113)

- $K = 1$ Superficies oscuras o áreas industriales

- $t_r = 77 \text{ }^\circ\text{F}$ temperatura de confort

- $t_0 = T_{BS} - RD/2$

T_{BS} Temperatura de bulbo seco

RD Rango Diario

$$= 91^{\circ}\text{F} - 14/2$$

$$- \quad t_0 = 84^{\circ}\text{F}$$

$$- \quad f = 1 \quad \text{factor de corrección para ventilación del cielo raso}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\text{DTCE}_e = [(\text{DTCE} + \text{LM})K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

$$= [(71 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$\text{DTCE}_e = 70^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * \text{DTCE}_e$$

$$= (0.092 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(7276.4 \text{ ft}^2)(70^{\circ}\text{F})$$

$$\mathbf{Q = 46,860.02 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor por paredes a través de conducción

PARED NORTE

Para el cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * \text{DTCE}_e$$

El tipo de material es panel COVINTEC de espesor 120mm.

GRUPO C, esto lo obtenemos de la tabla A3 (ver anexo pág. 112)

Pared con aislamiento de 2 in + concreto de 4 in (Tipo de construcción con U más aproximado al del Covintec)

$$- \quad U = 0.67 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C} \approx 0.1179 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F} \approx 0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$$

U del covintec lo obtenemos de la página (consultado 07/julio/2016)

www.plataformaarquitectura.cl/cl/623632/en-detalle-sistema-de-paneles-covintec

Para la conversión utilizamos el valor **$1 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F} = 5.68 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$**

(acondicionamiento de aire: principios y sistemas, 1ra ed. 1994, pág. 519, tabla A2)

El área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$- \quad A = 496.64 \text{ ft}^2$$

El DTCE_e lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

Dónde:

- DTCE lo obtenemos de la tabla A2 (ver anexos pág. 111), calculado a las 1:00PM, orientación norte, grupo C.

$$DTCE = 8^\circ\text{F}$$

- LM lo obtenemos de la tabla A4 (ver anexos pág.113)

$$LM = 2^\circ\text{F}$$

- $K = 1$ paredes oscuras y áreas industriales

- $t_r = 77^\circ\text{F}$

- $t_0 = T_{BS} - RD/2$
 $= 91^\circ\text{F} - 14/2$
 $t_0 = 84^\circ\text{F}$

- $f = 1$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

$$= [(8 + 2)1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 10^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(496.64 \text{ ft}^2)(10^\circ\text{F})$$

$$Q = 596 \text{ BTU/h}$$

PARED SUR

$$Q = U * A * DTCE_e$$

El área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$A = 498.04 \text{ ft}^2$$

$$U = 0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

El $DTCE_e$ lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

Dónde:

- DTCE lo obtenemos de la tabla A2 (ver anexos pág.111), calculado a las 1:00PM, orientación sur, grupo C.

$$DTCE = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- LM lo obtenemos de la tabla A4 (ver anexos pág.113)

$$LM = -7 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- $K = 1$
- $t_r = 77 \text{ } ^\circ\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ } ^\circ\text{F}$
- $f = 1$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f] \\ &= [(11 + (-7))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1] \end{aligned}$$

$$DTCE_e = 4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(498.04 \text{ ft}^2)(4 \text{ } ^\circ\text{F}) \end{aligned}$$

$$Q = 239.06 \text{ BTU/h}$$

PARED ESTE

$$Q = U * A * DTCE_e$$

El área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$A = 661.33 \text{ ft}^2$$

$$U = 0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

El $DTCE_e$ lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

Dónde:

- DTCE lo obtenemos de la tabla A2 (ver anexos pág.111), calculado a las 1:00PM, orientación este, grupo C.

$$DTCE = 25 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

- LM lo obtenemos de la tabla A4 (ver anexos pág.113)

$$LM = -1 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

- $K = 1$
- $t_r = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ }^{\circ}\text{F}$
- $f = 1$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f] \\ &= [(25 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1] \end{aligned}$$

$$DTCE_e = 24 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(661.33 \text{ ft}^2)(24 \text{ }^{\circ}\text{F}) \end{aligned}$$

$$Q = 1,904.63 \text{ BTU/h}$$

PARED OESTE

$$Q = U * A * DTCE_e$$

El área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$A = 661.33 \text{ ft}^2$$

$$U = 0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$$

El $DTCE_e$ lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f]$$

Dónde:

- DTCE lo obtenemos de la tabla A2 (ver anexos pág.111), calculado a las 1:00PM, orientación oeste, grupo C.

$$DTCE = 12\text{ }^{\circ}\text{F}$$

- LM lo obtenemos de la tabla A4 (ver anexos pág.113)

$$LM = -1\text{ }^{\circ}\text{F}$$

- $K = 1$
- $t_r = 77\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $t_0 = 84\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $f = 1$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)f] \\ &= [(12 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1] \end{aligned}$$

$$DTCE_e = 11\text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (0.12\text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(661.33\text{ ft}^2)(11\text{ }^{\circ}\text{F}) \end{aligned}$$

$$Q = 813\text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ventanas

VENTANA NORTE

Ganancia de calor por conducción

Utilizamos la ecuación:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

El tipo de material es vidrio plano sencillo de 1/8" de espesor.

- $U = 1.04\text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F}$ lo encontramos en la tabla A8 (ver pág.116)
- $A = 231\text{ ft}^2$ el área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

El $DTCE_e$ lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

Dónde:

- DTCE lo obtenemos de la tabla A5 (ver pág.114).

$$DTCE = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

- $t_r = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ }^{\circ}\text{F}$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85) \\ &= 11 + (78 - 77) + (84 - 85) \end{aligned}$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(231 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^{\circ}\text{F}) \end{aligned}$$

$$Q = 2,642.64 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

Utilizamos la ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

- $A = 231 \text{ ft}^2$

El FGCS lo obtenemos según la latitud, orientación y mes de la tabla A6 (ver anexos pág.114)

- FGCS, para el mes de Abril, orientación norte, latitud 12° .

$$FGCS = 44 \text{ BTU/h- ft}^2$$

El CS lo tomamos como 1, ya que el edificio no posee ningún tipo de construcción con las características de referencia (ventanas venecianas)

- $CS = 1$

El FCE lo obtenemos de la tabla A7 (ver anexos pág.115)

- $FCE = 0.73$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (44 \text{ BTU/h-ft}^2)(231 \text{ ft}^2)(1)(0.73)$$

$$Q = 7,419.72 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor total para ventana norte:

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$

$$= (2,642.64 \text{ BTU/h}) + (7,419.72 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 10,062.36 \text{ BTU/h}$$

VENTANA SUR

Ganancia de calor por conducción

Utilizamos la ecuación:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

- $U = 1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$
- $A = 230 \text{ ft}^2$ el área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

Dónde:

- $DTCE = 11 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_r = 77 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ }^\circ\text{F}$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(230 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$\mathbf{Q = 2,631.2 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor por radiación solar

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$- A = 230 \text{ ft}^2$$

El FGCS lo obtenemos según la latitud, orientación y mes de la tabla A6 (ver anexos pág.114)

$$- FGCS = 39 \text{ BTU/h- ft}^2$$

$$- CS = 1$$

El FCE lo obtenemos de la tabla A7 (ver anexos pág.115)

$$- FCE = 0.57$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (39 \text{ BTU/h- ft}^2)(230 \text{ ft}^2)(1)(0.57)$$

$$\mathbf{Q = 5,113 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor total para ventana sur:

G_T = Ganancia de calor por conducción + ganancia de calor por radiación

$$= (2,631.2 \text{ BTU/h}) + (5113 \text{ BTU/h})$$

$$\mathbf{G_T = 7,744.2 \text{ BTU/h}}$$

VENTANA ESTE

Ganancia de calor por conducción

Utilizamos la ecuación:

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$- U = 1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

- $A = 238.5 \text{ ft}^2$ el área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

Dónde:

- $DTCE = 11 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_r = 77 \text{ }^\circ\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ }^\circ\text{F}$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$\begin{aligned} DTCE_e &= DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85) \\ &= 11 + (78 - 77) + (84 - 85) \end{aligned}$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(238.5 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F}) \end{aligned}$$

$$Q = 2,728.44 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

- $A = 238.5 \text{ ft}^2$

El FGCS lo obtenemos según la latitud, orientación y mes de la tabla A6 (ver anexos pág.114)

- $FGCS = 225 \text{ BTU/h- ft}^2$
- $CS = 1$

El FCE lo obtenemos de la tabla A7 (ver anexos pág.115)

- $FCE = 0.35$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (225 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2) (238.5 \text{ ft}^2)(1)(0.35)$$

$$Q = 18,782 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor total para ventana este:

G_T = Ganancia de calor por conducción + ganancia de calor por radiación

$$= (2,728.44 \text{ BTU/h}) + (18,782 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 21,510.44 \text{ BTU/h}$$

VENTANA OESTE

Ganancia de calor por conducción

Utilizamos la ecuación:

$$Q = U \cdot A \cdot DTCE_e$$

- $U = 1.04 \text{ BTU/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$
- $A = 238.5 \text{ ft}^2$ el área la encontramos en los planos del edificio (ver anexo adjunto)

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

Dónde:

- $DTCE = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$
- $t_r = 77 \text{ } ^\circ\text{F}$
- $t_0 = 84 \text{ } ^\circ\text{F}$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_0 - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = U \cdot A \cdot DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(238.5 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$\mathbf{Q = 2,728.44 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor por radiación solar

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$- A = 238.5 \text{ ft}^2$$

El FGCS lo obtenemos según la latitud, orientación y mes de la tabla A6 (ver anexos pág.114)

$$- FGCS = 225 \text{ BTU/h- ft}^2$$

$$- CS = 1$$

El FCE lo obtenemos de la tabla A7 (ver anexos pág.115)

$$- FCE = 0.19$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (225 \text{ BTU/h- ft}^2)(238.5 \text{ ft}^2)(1)(0.19)$$

$$\mathbf{Q = 10,195.9 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor total para ventana oeste:

G_T = Ganancia de calor por conducción + ganancia de calor por radiación

$$= (2,728.44 \text{ BTU/h}) + (10,195.9 \text{ BTU/h})$$

$$\mathbf{G_T = 12,924.34 \text{ BTU/h}}$$

Ganancia de calor por iluminación

- Tipo de luminaria:

Lámpara de doble tubo de 80W de potencia

- Unidades: 126

Para el cálculo utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$

- $W = P * (\text{números de unidades}) = 10,080 \text{ W}$
- $FB = 1$ balastros electrónicos (ver fotos, anexos pág.119)
- $FCE = 1$ el sistema de aire acondicionado solo trabaja durante las horas de ocupación

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(10,080 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 34,272 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

La ganancia de calor por persona se compone de dos partes:

- Calor sensible Q_s
- Calor latente Q_L

El calor sensible lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$Q_s = q_s * n * FCE$$

Dónde:

- $q_s = 230 \text{ BTU/h}$ (ver tabla A9, en anexos pág.117)
Tipo de actividad: sentado, trabajo muy ligero, escritura.
- La capacidad del local (**n**) es de 200 personas (temporada más alta)
- $FCE = 1$ debido a que el sistema de A/C se apaga durante la noche

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q_s = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(200)(1)$$

$$Q_s = 46,000 \text{ BTU/h}$$

El calor latente lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$Q_L = q_l * n$$

$$- n = 200$$

$$- q_l = 190 \text{ BTU/h (ver tabla A9, en anexos pág.117)}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación:

$$Q_L = q_l * n$$

$$= (190 \text{ BTU/h})(200)$$

$$\mathbf{Q_L = 38,000 \text{ BTU/h}}$$

El calor total por ocupación = calor sensible + calor latente

$$\mathbf{Q_T = Q_S + Q_L}$$

$$= (46,000 \text{ BTU/h}) + (38,000 \text{ BTU/h})$$

$$\mathbf{Q_T = 84,000 \text{ BTU/h}}$$

Factor de seguridad para la carga térmica de la planta alta de la biblioteca

Los factores de seguridad a veces obedecen a códigos prescritos; pero en la mayoría de casos es arbitrario en dependencia de las experiencias.

En este caso utilizaremos un factor de seguridad de 15% sobre la carga térmica del recinto, previendo el mal uso o el abuso del sistema instalado.

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del recinto}) * (15\%)$$

$$= (220,986.05 \text{ BTU/h})(15\%)$$

$$\mathbf{F_S = 33,148 \text{ BTU/h}}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DE LA PLANTA ALTA

ÁREA	Q (BTU/h)
Techo	46,860.02
Pared norte	596
Pared sur	239.06
Pared este	1,904.63
Pared oeste	873
Ventana norte	10,062.36
Ventana sur	7,744.2
Ventana este	21,510.44
Ventana oeste	12,924.34
Iluminación	34,272
Ocupación	84,000
SUB-TOTAL	220,986.05
Factor de Seguridad	+ 33,148
CARGA TOTAL	254,134.05 BTU/h

ESTIMACION DE LA CARGA TERMICA DE LA PLANTA BAJA

ÁREA	CARGA TÉRMICA ESTIMADA (BTU/h)
Área de atención	34,038.14
Sala de computadoras	11,985.86
Hemeroteca	86,473.85
Sala de reuniones	7,703
Secretaría	4,241.6
Dirección	2,446.4
Sala de procesos	3,643.2

La carga térmica total estimada de la planta baja es 150,532.05 BTU/h.

Estimación del factor de carga eléctrica del edificio

Tabla de consumidores eléctricos y su potencia

CONSUMIDOR	VOLTAGE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (kW)
PC	110	1.3	0.144
Unidades Split de 60,000 BTU	218	20	4.36
- Nuevas		28	6.1
- Antiguas			
Unidades centrales de 48,000 BTU	218	40	8.7
Lámparas	-	-	0.08
Microondas	110	9	1

Consumo eléctrico de las unidades de aire acondicionado actuales

El deterioro en las antiguas unidades de aire, tiene como consecuencia un aumento en su consumo de corriente (I), el cual encontramos al comparar la potencia medida y la potencia nominal.

UNIDADES DE A/A	POTENCIA REAL (kW)	POTENCIA NOMINAL (kW)	INCREMENTO EN EL CONSUMO DE CORRIENTE (%)
Split de 60,000 BTU	6.1	5.1	19.65
Centrales de 48,000 BTU	8.7	7.63	14.28

Tabla del censo de carga de la biblioteca UNI-RUSB, estimado respecto a un uso de 12 horas por día y 24 días por mes.

- *Nota: Únicamente para la estimación de consumo eléctrico del microondas se toma un uso por día de 1 hora.*

	CONSUMINDOR	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (kW)	kW/día	kW/mes	kW/año
PLANTA BAJA	PC	144	15	2.16	25.92	622.08	7,464.96
	Split de 60,000 BTU	6,100	5	30.5	366	8,784	105,408
	Central de 48,000 BTU	8,700	1	8.7	104.4	2,505.60	30,067.20
	Lamparas	80	94	7.52	90.24	2,165.76	25,989.12
	Microondas	1,000	1	1	1	24	288
PLANTA ALTA	Split antiguas de 60,000 BTU	6,100	6	36.6	439.2	10,540.80	126,489
	Split nuevas de 60,000 BTU	4,360	6	26.16	313.92	7,534.08	90,408.96
	Central de 48,000 BTU	8,700	4	34.8	417.6	10,022.40	120,268.80
	Lamparas	80	126	10.08	120.96	2,903.04	34,836.48
Σ kW				157.52 kW		45,101.76 kW/mes	541,221.12 kW/año

Banco de transformadores de la biblioteca UNI-RUSB

Se encuentra frente al edificio de la biblioteca y consta de una batería de 3x75 KVA, trifásico.

- Potencia del banco de transformadores: 225 KVA
- Potencia total consumida por el edificio: 157.52 kW \approx 157.6 kW = 197 KVA

Potencia del banco de transformadores KVA	Factor de potencia	Potencia del banco de transformadores kW	Potencia total consumida kW	Potencia total consumida KVA
225	0.8	180	157.6	197

Restamos el 2% de potencia al banco de transformadores por las pérdidas que se dan en la transformación (perdidas por calentamiento en el núcleo de hierro).

$$\text{Factor de carga} = P_{\text{real}} / P_{\text{nominal}} = (157.6) / (180)(0.02) = 89 \%$$

El banco de transformadores al ser una maquina eléctrica entrega su máxima eficiencia entre el rango de 75% - 90% de carga; al estar trabajando este al 89% de su potencia nominal incluyendo las perdidas en su transformación, se concluye que el equipo está trabajando en condiciones óptimas de aprovechamiento.

Estándares y normas de climatización

Estándares de climatización

Entre las principales organismos de normalización se encuentran: Organización Internacional de Normalización (ISO) a nivel internacional; así como la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado con sus siglas en inglés (ASHRAE) y la Comisión Electrónica Internacional (CEI). Entre algunos programas e instituciones que emiten normas con respecto al consumo energético podemos mencionar: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares o por sus siglas en inglés (ANSI) y el programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Energy Star). En el caso de nuestro país el gobierno de Nicaragua en conjunto con entidades privadas emitió en específico una norma dentro de las Normas Técnicas Obligatorias Nicaragüenses (NTON) la cual tiene por objeto establecer los rangos de eficiencia energética de los aires acondicionados (NTON 10017-09). Esta norma cubre todos los equipos de aires acondicionados tipo ventana, dividido, paquete con capacidades nominales de enfriamiento de hasta 17,589 W (60,000 BTU/h)

Entre los estándares de calidad a tratar nos enfocaremos en los que tienen impacto ambiental, así como los que buscan eficiencia energética dado que se encuentran ligados. Tomamos como referencia las normas ISO y las emitidas por ASHRAE debido al nivel de aceptación a nivel internacional y la aplicabilidad en los entornos que se nos presentan en este estudio, además se hace uso del estándar SEER cual es definido por el ANSI, de igual manera tratando la eficiencia energética verificamos las normas y recomendaciones emitidas por el programa Energy Star del gobierno de Estados Unidos para aumentar la eficiencia del consumo eléctrico.

Normas ISO para la refrigeración:

La comisión técnica por parte de ISO encargada de la refrigeración y el aire acondicionado es ISO/TC 86. El alcance de normalización de este comité se basa en los campos de la refrigeración y el aire acondicionado, incluyendo la terminología aplicada en el campo de estudio, seguridad mecánica, métodos de prueba y clasificación de equipos, medidas de niveles de sonido, refrigerante y los elementos químicos que intervienen en los procesos de refrigeración; así como considerando los aspectos que influyen en la protección ambiental.

Entre las normas ISO más importante se encuentran:

- ***ISO 5149:2014 Sistemas de refrigeración mecánicos utilizados para enfriamiento y calefacción- Requisitos de seguridad***
 - Revisión reciente de la versión de 1993.
 - Incluye requisitos para la nueva clasificación de baja inflamabilidad (2L) de los refrigerantes.
 - Especifica los requisitos relativos a la seguridad de las personas y los bienes para el diseño, fabricación, instalación y operación de sistemas de refrigeración, y pone el acento en reducir al mínimo las fugas de refrigerante a la atmósfera.
 - Especifica la clasificación de los sistemas de refrigeración.
 - Especifica los métodos de supervisión de fugas, por ej., en caso de concentración de refrigerante en la sala de máquinas, y un requisito especial para el amoníaco.
 - Es aplicable a todo tipo de sistemas de refrigeración en los que el refrigerante se evapora y se condensa en un circuito cerrado.

- ***ISO 817:2014 Refrigerantes- Designación y clasificación de seguridad***

- Facilita un claro sistema de numeración y asignación de prefijos para la designación de la composición de los refrigerantes (p. ej., el prefijo CFC se utiliza para designar a los clorofluorocarbonos).
- Clasificaciones de seguridad de los refrigerantes según inflamabilidad y toxicidad.
- Límites de concentración de los refrigerantes.

- ***ISO 17584:2005 Propiedades de los refrigerantes***

- Especifica las propiedades termofísicas de varios de los refrigerantes más comúnmente utilizados y de diversas mezclas de refrigerantes.
- Es aplicable a los refrigerantes R-12, R-22, R-32, R-123, R-125, R-134a, R-143a, R-152a, R-717 (amoníaco) y R-744 (dióxido de carbono) y a las mezclas R-404A, R-407C, R-410A y R-507.
- Incluye especificaciones de diversas propiedades, entre ellas, las siguientes: densidad, presión, energía interna (energía total contenida en un sistema termodinámico), entalpía, entropía, capacidad térmica a presión constante, capacidad térmica a volumen constante, velocidad del sonido y coeficiente de Joule-Thomson.

- ***ISO 11650:1999 Rendimiento de equipos para la recuperación y/o el reciclado de refrigerantes***

- Especificación de los aparatos de prueba, las pruebas de las mezclas de gases, los procedimientos de muestreo y las técnicas analíticas que se utilizarán para determinar el rendimiento de equipos para la recuperación y/o el reciclado de refrigerantes.
- Especificación de los refrigerantes que se utilizarán para la evaluación de los equipos.

Entre las normas emitidas por la Comisión Electrónica Internacional esta:

- ***IEC 60335-1:2010 Aparatos electrodomésticos y análogos- seguridad y requisitos generales***

- Es la base de una serie de más de 100 partes que cubren una amplia variedad de requisitos y aparatos.

- ***Las más importantes son:***

- IEC 60335-2-40 Requisitos particulares para bombas de calor eléctricas, acondicionadores de aire y deshumidificadores (actualmente prohíbe el uso de HC).

- IEC 60335-2-89 Requisitos particulares para aparatos de refrigeración comerciales con una unidad de condensación de fluido refrigerante o un compresor incorporado o a distancia.

- IEC 60335-2-104 ed1.0 Requisitos particulares para aparatos de recuperación y/o reciclado de refrigerantes de equipos de aire acondicionado y refrigeración, que incorporan una unidad de disco abierto o compresores de motor.

Normas ANSI/ASHRAE Instituto Nacional de Normalización de los Estados Unidos / Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

- ***ANSI/ASHRAE 15-2013 Norma de seguridad para sistemas de refrigeración***

- Prevé garantías para la vida, la salud y los bienes, y establece requisitos de seguridad para las personas y los bienes del lugar donde se localicen los dispositivos de refrigeración o en sus alrededores.
- Especificaciones para la fabricación de sistemas estancos, pero sin abordar los efectos de las emisiones de refrigerante en el medio ambiente.
- Especificaciones para tareas seguras de diseño, fabricación, ensayo, instalación, operación e inspección de todas las aplicaciones de refrigeración y aparatos fijos de aire acondicionado.
- Modificaciones y reemplazos de piezas o componentes y sustitución de refrigerantes con diferente designación.
- Las clasificaciones de seguridad de la Norma ASHRAE 34-2010 se utilizan para ofrecer directrices de seguridad en el diseño y la instalación de sistemas de refrigeración.

- ***ANSI/ASHRAE 34-2010 Designación y clasificación de seguridad de los refrigerantes***

- Sistema para referenciar los refrigerantes y clasificarlos en función de su toxicidad e inflamabilidad.
- Definición de los límites de concentración admisibles permitidos por la Norma ASHRAE 15-2010.

Normas de eficiencia energética EER, SEER

La eficiencia energética o rendimiento energético es información importante tanto para la adquisición de un equipo nuevo como para la realización de las auditorias e inspecciones energéticas destinadas ya no solo a certificación energético sino para el cumplimiento de ajustes presupuestarios en las instituciones que se ve reflejado en el coste del pago energético, así como el uso amigable de la energía con respecto al medio ambiente.

Básicamente los parámetros EER y SEER se refieren a la eficiencia del equipo en refrigeración. Cuantos más altos sean, mejor eficiencia tendrá el equipo que vayamos a comprar, a su vez el costo será más elevado. Es por esto que hay que encontrar el equilibrio ya que un equipo barato, pero con un SEER muy bajo, al largo plazo, nos resultara menos rentable.

La principal diferencia entre EER y SEER es que último es estacional. Mientras que en el EER se mide la potencia con unas determinadas condiciones ambientales pero a plena carga; en el SEER se mide el rendimiento energético estacional teniendo en cuenta entre otras las condiciones siguientes:

- La producción de energía de refrigeración durante su uso anual normal entre el consumo de energía eléctrica total en el mismo periodo.
- Se mide con cargas parciales (100%, 74%, 47%, 21%) que, en realidad se ajusta más al uso real del equipo cuando se instala.
- Consumo del equipo cuando está apagado, desactivado por termostato o en espera (Consumo fantasma).

El instituto de aire acondicionado, calefacción y refrigeración recomienda el EER como un estándar para el enfriamiento de agua y productos enfriados con previa evaporación cual se refiere a usos industriales, reservando el SEER como estándar para el acondicionamiento de aire.

En definitiva se deduce que cuando estamos comparando equipos para climatización, el parámetro SEER es más fiable que el ratio EER.

SEER

El SEER es definido como el total de calor removido del espacio a acondicionar durante un periodo anual de enfriamiento, el cual es expresado en BTU, dividido por el total de energía consumida por el sistema de aire acondicionado

EER

El EER es definido como la tasa de capacidad de enfriamiento en BTU/Hora a el valor de energía entrante en watts en un condición de medición ya establecida, lo cual se expresa en: $\text{BTU}/(\text{W.h})$

Refrigerante R410a

Sustitutos del R-22; Comparación de sus características:

	R22	R134a	R134a Tomillo ECO	R407C	R417A Isceon 59	R404A/ R507	R410A	R290	R1270	R717 (NH ³)
Potencia frigorífica	○	--	-	○	○	○	++	-	+	○
COP del Compresor (A/C)	○	○	+	○	○	-	-	○ ⁺	○ ⁺	+
COP del Compresor (MT)	○	○	+	○	○	○	-	○	○	○
Niveles de Presión	○	++	++	○	○	-	--	○	-	○
Caudal Másico	○	-	-	○	-	--	○	+	+	++
Temperatura Crítica	○	○	○	○	○	--	--	+	+	++
Temperatura de Descarga	○	++	++	○	++	++	○	++	+	--
Cambio de Calor	○	○	○	--	--	○	+	○	○	+
Aspectos de Seguridad	○	○	○	○	○	○	○	--	--	--
Comparación con el R22:	○ Similar al R22 +/+ + Favorable -/- - No Favorable									

Al hacer un análisis de la tabla anterior podemos ver que la potencia frigorífica del refrigerante R410A es la más óptima y la más apreciada en consideración de su disponibilidad en el mercado y precio por lo tanto esto lo vuelve apto para nuestra selección.

A diferencia de los refrigerantes halo alcanos que contienen cloro y bromo, el R-410A, que solo contiene flúor, no contribuye a la reducción de la capa de ozono y por ello se utiliza ampliamente. Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) como A1/A1; es decir, no tóxico y no inflamable aún en caso de fugas.

Sus aplicaciones principales son en equipos nuevos para aire acondicionado de baja y media potencia ya que están por desarrollar otras, debido a la escasez de materiales frigoríficos adaptados a este refrigerante.

Refrigerante R-410A

El R-410A es una mezcla de 2 gases refrigerantes licuados del tipo HFC (hidrofluorcarbono) que no daña la capa de ozono. Es de baja toxicidad, no es inflamable con la presencia del aire atmosférico a temperatura inferior a 100 °C y a presión atmosférica.

Masa molar:	72,6 g/mol	
Punto de ebullición		
a 1013 mbar:	Temperatura:	220,95 k (-48,6 °C)
Punto crítico:	Temperatura:	309,35 k (71,7 °C)
	Presión:	49,5 bar
	Densidad:	0,491 kg/dm ³
Fase líquida a 25 °C:	Densidad:	1,0615 kg/dm ³
Vapor saturado a 25 °C:	Densidad:	4,12 kg/m ³
Presión de vapor	a 25 °C:	15,4 bar
	a 50 °C:	29,5 bar
Calor latente de vaporización:	a 1013 mbar:	271,5 kJ/ kg
Calor específico a 25 °C:	Estado líquido:	1,855 kJ/(kg.k)
	Estado gaseoso a 1013 mbar:	0,819 kJ/(kg.k)
	Relación C_p/C_v 1013 mbar:	1,172
Límite de inflamabilidad:	En aire, temperatura ambiente:	Ninguno
ODP (Potencial Destrucción del Ozono):	0	

El R410A está desarrollado principalmente para los nuevos sistemas de aire acondicionado doméstico y comercial, con potencias de decenas de kW, y en bombas de calor de ciclo reversible, donde se estaba utilizando normalmente el R22. Se puede también utilizar en algunos sistemas de mayor potencia, normalmente para aplicaciones marítimas o industriales.

El R410A tiene una función termodinámica atractiva y posee una elevada capacidad de enfriamiento volumétrico, en comparación con el R22, y tiene mejores propiedades de intercambio térmico.

Su función en modo de calentamiento es otra ventaja del R-410A, que puede influir en los fabricantes de bombas de calor en la elección del producto a utilizar. No obstante, los niveles de presión generados son más elevados (más

del 50% en comparación al R22) y la temperatura del punto crítico es muy baja (72,2 °C). Es necesario que los principales fabricantes de equipos rediseñen los equipos, con el fin de tener en cuenta estas características.

Al igual que para cualquier mezcla, el R410A se basa en un sistema en fase líquida. En caso de fuga, y teniendo en cuenta que el R410A es casi azeotrópico, es posible completar la carga sin la necesidad de remover el resto de la carga del refrigerante.

El R410A es una mezcla que tiene como base HFC, lubricantes sintéticos como aceites poliéster (POE) o aceites polivinileter (PVE), son utilizados para asegurar una lubricación satisfactoria y una buena miscibilidad, lo que permite un buen retorno del aceite al compresor.

Selección del SEER

La selección del equipamiento con respecto al nivel de eficiencia SEER-16 nos asegura un ahorro en el nivel de consumo energético, bajo un costo moderado teniendo en cuenta el aprovechar al máximo los recursos destinados para las instituciones públicas. Un SEER superior podría generar un costo más bajo de consumo energético pero tiende a representar un costo de adquisición elevado, aunque sobrepase los niveles de ahorro que están como una media en los estándares emitidos por organizaciones como el ASHRAE.

2014 Annual Cooling Cost Comparison Calculator

Annual cooling costs
for older A/C Systems if SEER Rating is:

Recommended High-Efficiency System.
Annual cooling cost if SEER Rating:

Cooling Capacity
in Tons or BTU

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

A/C (TONS)

BTU

1990s

Code Min.
2006

2

24,000

\$905

\$835

\$770

\$710

\$650

\$590

\$550

\$510

\$470

\$450

\$420

\$400

\$370

\$360

2.5

30,000

\$1,105

\$1,030

\$960

\$890

\$810

\$740

\$680

\$640

\$590

\$560

\$520

\$490

\$470

\$450

3

36,000

\$1,390

\$1,280

\$1,175

\$1,070

\$970

\$890

\$820

\$760

\$710

\$670

\$630

\$590

\$560

\$530

3.5

42,000

\$1,625

\$1,495

\$1,370

\$1,250

\$1,130

\$1,040

\$960

\$890

\$830

\$780

\$730

\$690

\$660

\$620

4

48,000

\$1,785

\$1,660

\$1,540

\$1,420

\$1,300

\$1,190

\$1,100

\$1,020

\$950

\$890

\$840

\$790

\$750

\$710

5

60,000

\$2,265

\$2,100

\$1,940

\$1,780

\$1,620

\$1,480

\$1,370

\$1,270

\$1,190

\$1,110

\$1,050

\$990

\$940

\$890

Costs above are estimates based on South Florida area average of 2,800 annual A/C cooling operating hours and current 10.6 cents per kilowatt hours

Esta tabla se puede tomar como ejemplo para hacer una comparación que se puede incurrir al momento de ahorrar en los costos energéticos. Se puede observar que un SEER nos brinda un ahorro aceptable y el costo beneficio de su precio hace que sea el equipo recomendado.

CONCLUSIONES FINALES

El costo que actualmente representa la energía es de vital importancia en una especialidad como la climatización, que requiere elevados consumos de energía eléctrica; por lo que su reducción representa uno de los criterios básicos en el diseño de sistemas de climatización.

Partiendo de la premisa del ahorro energético y esta a su vez como factor consecuente hacia el medio ambiente, así como del resultado del diagnóstico presentado es posible concluir que existe una deficiencia en la relación de carga de enfriamiento con la necesidad de climatización existente en el edificio en estudio, debido a factores tales como: deterioro en los cielos rasos, falta de ventanas con recubrimientos que minimicen la transferencia de calor del ambiente exterior hacia el interno, y deterioro de los equipos de climatización, los cuales a su vez es consecuente de la falta de un programa de mantenimiento apropiado que permita extender el tiempo de vida de los elementos que componen dicho sistema y su buen funcionamiento.

Por otro lado a través del diagnóstico realizado se puede comparar los estándares actuales con respecto a los tipos de equipos que se encuentran en el edificio. Encontramos equipos que no cumplen con estándares de eficiencia energéticas y por lo tanto son poco amigables con el medio ambiente. Es debido a esto que se puede concluir que de los factores anteriores surgen las recomendaciones planteadas en el presente trabajo y la selección de cambiar equipos específicos.

Viabilidad técnico ambiental económica

Para asegurar la viabilidad técnico ambiental es necesario poder llevar a un punto de encuentro las necesidades técnicas de las instalaciones con marcos referenciales como son los estándares ambientales emitidos por organizaciones como el Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA) el cual promueve prácticas favorables al medio ambiente además de las recomendaciones de la norma Nicaragüense (NTON).

En el proceso actual de eliminación de los HCFC (hidroclorofluorocarbonos) estipulado por el Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que agotan la capa de ozono, la introducción de alternativas, no solamente con un potencial de agotamiento del ozono (PAO) nulo, sino también con un bajo potencial de calentamiento atmosférico (PCA) y una mejor eficiencia energética, se ha convertido en una cuestión cada vez más importante, especialmente en los países en desarrollo.

Por lo tanto para poder encontrar la viabilidad dispondremos a situar requerimientos basados en los estándares emitidos por el PNUMA a la vez que se ajustaran las necesidades del edificio, dichos estándares son nombrados en este documento en la sección de estándares de climatización.

En el análisis económico obviamos elementos tales como recuperación de inversión o desempeño de inversión dado el carácter social que tiene el estudio al tratarse de una entidad pública sin fines de lucro con financiamiento estatal y de impacto positivo en la comunidad de la UNI.

Se presenta una proforma en datos generales la capacidad y costo de equipamiento e instalación de las cuales se hace recomendación entre la que entrega más capacidad y con mejor precio con respecto a la oferta del mercado. No se presentaron más proformas debido a la negativa de las empresas de proporcionar estas sin un correspondiente levantamiento de datos o bien un compromiso de compra.

Entre las prioridades en la selección se buscaba la eficiencia energética y el impacto ambiental que podrían tener los componentes de los aires acondicionados.

La eficiencia energética se realizó en base a las medidas SEER así como los tipos de refrigerantes se hizo a través de una comparativa en las normas emitidas por la ISO 17584:2005 (Propiedades de los refrigerantes).

La selección de las marcas de los dispositivos y el equipamiento se hizo en base a la oferta local, tomando de punto de partida el stock de productos, repuestos y los servicios de mantenimiento y asistencia de instalación, dicha selección también se hizo respaldada por la disponibilidad de los equipos además del costo beneficio de los mismos, asegurando la capacidad técnica necesaria para poder encontrar los estándares ambientales que se buscan coincidir con los requerimientos tales como la selección de refrigerantes.

Recomendaciones de mantenimiento de aire acondicionado

• Operaciones de mantenimiento preventivo de aire acondicionado

Periodicidad de mantenimiento

M: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada. **T**: Una vez por temporada (año), **2T**: dos veces por temporada (año); una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas.

Tareas de mantenimiento

M	<ul style="list-style-type: none">• Revisión del vaso de expansión• Comprobación de tarado de elementos de seguridad• Revisión y limpieza de filtros de aire• Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo• Revisión de bombas y ventiladores
T	<ul style="list-style-type: none">• Limpieza de los evaporadores• Limpieza de los condensadores• Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías• Revisión de baterías de intercambio térmico• Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire• Revisión del estado del aislamiento térmico
2T	<ul style="list-style-type: none">• Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación• Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor• Revisión de unidades terminales de distribución de aire• Revisión de equipos autónomos

**Recomendaciones de mantenimiento del fabricante (TOSHIBA)*

Mantenimiento recomendado según Energy Star

El polvo y la negligencia son las principales causas para las fallas de los sistemas de aire acondicionado. Para asegurar la operación eficiente del sistema de aire acondicionado, es importante implementar una rutina de mantenimiento.

- ***Cambiar regularmente el filtro de aire***

Un filtro de aire podrá prevenir que el polvo y la suciedad se alojen en el sistema, cual podría conllevar a mantenimientos costosos o la falla del sistema. Verificar el filtro cada mes, especialmente durante los meses de invierno y verano cuando el uso tiende a ser pesado. Cambiar el filtro cuando está sucio o al menos cada tres meses. En base a entrevista al responsable de mantenimiento (Aldrin Guevara), los filtros se cambian una vez por año.

Lista de revisión del mantenimiento del sistema total

- ***Verificar configuración del termostato*** : Asegura que el sistema se apague o se encienda en temperaturas programadas
- ***Asegura toda las conexiones eléctricas, medidas de voltaje y corrientes:*** Fallas en las conexiones eléctricas pueden causar que el sistema opere inseguro y reduzca la vida de los componentes
- ***Lubricar las partes que interactúan con movimiento:*** La falta de lubricación causa fricción en motores y aumenta la cantidad de electricidad que se usa. Falta de lubricación también puede causar el desgaste más rápido, requiriendo frecuentes reparaciones.
- ***Inspeccionar el drenaje de condensación:*** El derrame de agua del condensador puede causar daños en la estructura del edificio, afecta la humedad del interior y la creación de bacterias y moho.

- ***Verificar controles del sistema para asegurar la operación apropiada y segura:*** Verificar el ciclo de inicio del equipo asegura que el sistema inicie, opere y se apague de manera correcta.
- ***Limpiar los serpentines internos y externos antes que empiece la temporada calurosa:*** Un serpentín sucio reduce la habilidad del sistema de enfriar y causa que el sistema demore más en enfriar, incrementando el costo energético y amenorando la vida del equipo.
- ***Verificar la carga de refrigerante y ajustar:*** Si es necesario para asegurar que encuentre la especiación del fabricante.
- ***Limpiar y ajustar los componentes del bombeador de aire para proveer la circulación de aire adecuada:*** El apropiado flujo de aire del serpentín interior es necesario para la operación eficiente del equipo y confiabilidad del mismo.

Propuestas de mejoramiento para la biblioteca Esmán Marín, UNI-RUSB

Para la elaboración de las propuestas mencionaremos 3 aspectos importantes para mantener un ambiente climatizado dentro de la temperatura de confort requerida; como los son:

- El cielo falso del edificio
- El recubrimiento exterior de las ventanas
- Los equipos de aire acondicionado

Haremos énfasis en lo que son las unidades de aire acondicionado, ya que son el principal componente en un sistema de climatización.

➤ Unidades de aire acondicionado

En base a los resultados arrojados en el diagnostico se realizan las siguientes propuestas.

Para estas planteamos un reemplazo de todas las unidades, ya que las actuales están deterioradas o se encuentran en mal estado.

PLANTA ALTA

Se propone retirar las unidades split y las unidades centrales, para ser reemplazadas por 4 unidades centrales y 4 unidades Split.

Para los equipos Split se plantea la ubicación de dos unidades al lado este y dos en el lado oeste. De esta forma obtendríamos un flujo uniforme de la corriente de aire en las paredes con mayor incidencia solar. Así mismo esto deja espacio para alternar el uso de las unidades en dependencia de la cantidad de ocupantes del área (planta alta).

PLANTA BAJA

- Área de atención

Para esta sección se propone reemplazar las 2 unidades existentes por 2 nuevos equipos split de 48,000 BTU cada uno.

- Sala de computadores

Se plantea la sustitución del equipo actual por un mini split de 18,000 BTU.

- Hemeroteca

Se plantea la sustitución del equipamiento actual por 2 unidades split techo de 48,000 BTU respectivamente.

- Sala de reuniones, Secretaria, Dirección y Sala de Procesos

Se propone el reemplazo de la unidad central actual por otra moderna del mismo tipo y capacidad (48,000 BTU), previendo un aumento de personal o el mal uso del sistema de climatización, adecuándose al diseño arquitectónico original y al sistema de ductos original.

Potencia eléctrica de las unidades de aire acondicionado propuestas

Unidad	SEER	Potencia
Split 18,000 BTU	16	1.25 kW
Split 36,000 BTU	16	2.5 kW
Split 48,000 BTU	16	3.3 kW
Central 48,000 BTU	20	2.6 kW

*detalle de proforma de equipos (ver anexos, pág.105)

Porcentaje de ahorro eléctrico estimado

Consumo eléctrico del edificio con unidades actuales

Potencia Total	kW/mes	kW/año
157.52 kW	45,101.76	541,221.12

Consumo eléctrico del edificio con unidades propuestas

Potencia Total	kW/mes	kW/año
60 kW	17,280	207,360

Esto significa que podemos obtener hasta un aproximado de 61% de ahorro energético respecto al consumo actual del edificio; ya que las unidades de aire acondicionado representan el 86% del consumo eléctrico total de la biblioteca.

➤ Recubrimiento exterior de las ventanas

Hacemos la recomendación de sustituir el recubrimiento, por un polarizado del tipo reflectivo, ya que el actual es oscuro del tipo absorbente y no es adecuado para dicho fin de minimizar la ganancia de calor del recinto. (ver fotos en anexos, pág.121)

Se necesita un polarizado reflectivo para un área aproximada de 177 m² de las ventanas exteriores de ambas plantas.

➤ **Cielo falso**

Proponemos hacer un reemplazo de cielo raso (lámina de plycem termoacústico) para un aproximado de 680 m² de techo de la planta alta, ya que el actual se encuentra deteriorado y el material no es el más adecuado para dicho propósito. Este cambio no es necesario para la planta baja por encontrarse el cielo raso en buenas condiciones; y al no haber ganancia de calor por esta área (la planta alta esta climatizada a la misma temperatura), el tipo de material utilizado puede ser de cualquier tipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acondicionamiento de aire: Principios y sistemas, Edward G. Pita, Primera edición, 1994.
- Manual de aire acondicionado, Carrier Air Conditioning Company, 1980
- Manual técnico de refrigeración y aire acondicionado, Emerson Climate technologies
- Manual práctico de refrigeración y aire acondicionado, Francesc Buqué, 2007

Web grafía

- <http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado> compilado el 23 de Julio del 2016
- Aire acondicionado, www.ecured.cu/Aire_acondicionado compilado el 23 de Julio del 2016
- Refrigeración, es.m.wikipedia.org/wiki compilado el 23 de Julio del 2016
- Equipos de refrigeración, [//www.guiaspracticas.com/climatizacion-y-aire-acondicionado](http://www.guiaspracticas.com/climatizacion-y-aire-acondicionado) compilado el 24 de Julio del 2016
- Meteorología, [//www.nationalgeographic.es/ciencia](http://www.nationalgeographic.es/ciencia) compilado el 24 de Julio del 2016
- Refrigerantes, Abellolinde.es compilado el 25 de Julio del 2016
- www.biblioteca.org.ar/libros/211440.pdf compilado el 25 de Julio del 2016
- SEER, https://en.wikipedia.org/wiki/Seasonal_energy_efficiency_ratio compilado el 28 de Julio del 2016
- US deparment of energy, Code of Federal Regulations, <https://www1.eere.energy.gov> compilado el 29 de Julio del 2016
- www.energystar.com compilado el 29 de Julio del 2016
- http://www.ine.com.ni/DAC/consultas/tabla_consumo_equipos_actAbr12.pdf compilado el 17 de marzo del 2017

ANEXOS

➤ Estimación De La Carga Térmica De La Planta Baja

ÁREA DE ATENCIÓN

Ganancia de calor por paredes a través de conducción

PARED NORTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	108.93	8	2	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(8 + 2)1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 10 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(108.93 \text{ ft}^2)(10 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 130.7 \text{ BTU/h}$$

PARED OESTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	257	12	-1	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(12 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(257 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$Q = 339.24 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ventanas

VENTANA NORTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	79.43	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(79.43 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$Q = 908.68 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
44	79.93	1	0.73

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (44 \text{ BTU/h- ft}^2)(79.43 \text{ ft}^2)(1)(0.73)$$

$$Q = 2,551.3 \text{ BTU/h}$$

$$\begin{aligned}
 G_T &= \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación} \\
 &= (908.68 \text{ BTU/h}) + (2,551.3 \text{ BTU/h}) \\
 G_T &= \mathbf{3,459.98 \text{ BTU/h}}
 \end{aligned}$$

VENTANA OESTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	254.35	11	77	84

$$\begin{aligned}
 DTCE_e &= DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85) \\
 &= 11 + (78 - 77) + (84 - 85) \\
 DTCE_e &= 11 \text{ } ^\circ\text{F}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= U * A * DTCE_e \\
 &= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(254.35 \text{ ft}^2)(11 \text{ } ^\circ\text{F}) \\
 Q &= \mathbf{2,909.76 \text{ BTU/h}}
 \end{aligned}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
225	254.35	1	0.19

$$\begin{aligned}
 Q &= FGCS * A * CS * FCE \\
 &= (225 \text{ BTU/h- ft}^2)(254.35 \text{ ft}^2)(1)(0.19) \\
 Q &= \mathbf{10,873.46 \text{ BTU/h}}
 \end{aligned}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$

$$= (2,909.76 \text{ BTU/h}) + (10,873.46 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 13,783.22 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
1,280	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$

$$= (3.4)(1,280 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 4,352 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q _s	q _l	FCE	n
230	190	1	15

$$Q_S = q_s * n * FCE$$

$$= (230 \text{ BTU/h})(15)(1)$$

$$Q_S = 3,450 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$

$$= (190 \text{ BTU/h})(15)$$

$$Q_L = 2,850 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$

$$= (3,450 \text{ BTU/h}) + (2,850 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 6,300 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

Asignamos un factor de seguridad del 20% para compensar la carga por infiltración por las puertas.

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (20\%)$$

$$= (28,365.14 \text{ BTU/h})(20\%)$$

$$F_S = 5,673 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (área de atención)

ÁREA	Q (BTU/h)
Pared norte	130.7
Pared oeste	339.24
Ventana norte	3,459.98
Ventana oeste	13,783.22
Iluminación	4,352
Ocupación	6,300
SUB-TOTAL	28,365.14
Factor de Seguridad	+ 5,673
CARGA TOTAL	34,038.14 BTU/h

SALA DE COMPUTADORAS

Ganancia de calor por paredes a través de conducción

PARED SUR

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	147.68	11	-7	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(11 + (-7))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(147.68 \text{ ft}^2)(4 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q = 70.88 \text{ BTU/h}$$

PARED OESTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	61.57	12	-1	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(12 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(61.57 \text{ ft}^2)(11 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q = 81.3 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ventanas

VENTANA SUR

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	105.48	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(105.48 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 1,206.7 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
39	105.48	1	0.57

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (39 \text{ BTU/h-ft}^2)(105.48 \text{ ft}^2)(1)(0.57)$$

$$Q = 2,344.82 \text{ BTU/h}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$

$$= (1,206.7 \text{ BTU/h}) + (2,344.82 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 3,551.52 \text{ BTU/h}$$

VENTANA OESTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	46.07	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(46.07 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 527.04 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
225	46.07	1	0.19

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (225 \text{ BTU/h- ft}^2)(46.07 \text{ ft}^2)(1)(0.19)$$

$$Q = 1,969.5 \text{ BTU/h}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$

$$= (527.04 \text{ BTU/h}) + (1,969.5 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 2,496.54 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
640	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(640 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 2,176 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q _s	q _l	FCE	n
230	190	1	6

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(6)(1)$$

$$Q_S = 1,380 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(6)$$

$$Q_L = 1,140 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (1,380 \text{ BTU/h}) + (1,140 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 2,520 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (10\%)$$

$$= (10,896.2 \text{ BTU/h})(10\%)$$

$$F_s = 1,089.62 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (sala de computadoras)

AREA	Q (BTU/h)
Pared sur	70.88
Pared oeste	81.3
Ventana sur	3,551.52
Ventana oeste	2,496.54
Iluminación	2,176
Ocupación	2,520
SUB-TOTAL	10,896.24
Factor de Seguridad	+ 1,089.62
CARGA TOTAL	11,985.86 BTU/h

HEMEROTECA

Ganancia de calor por paredes a través de conducción

PARED NORTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	109	8	2	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(8 + 2)1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 10 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(109 \text{ ft}^2)(10 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 130.8 \text{ BTU/h}$$

PARED SUR

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	109	11	-7	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(11 + (-7))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 4 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(109 \text{ ft}^2)(4 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 52.3 \text{ BTU/h}$$

PARED ESTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	365.7	25	-1	1	77	84	1

$$\begin{aligned}DTCE_e &= [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f] \\ &= [(25 + (-1))1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]\end{aligned}$$

$$DTCE_e = 24 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(365.7 \text{ ft}^2)(24 \text{ }^{\circ}\text{F})\end{aligned}$$

$$Q = 1,053.2 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ventanas

VENTANA NORTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	79.4	11	77	84

$$\begin{aligned}DTCE_e &= DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85) \\ &= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)\end{aligned}$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}Q &= U * A * DTCE_e \\ &= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(79.4 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^{\circ}\text{F})\end{aligned}$$

$$Q = 908.3 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
44	79.4	1	0.73

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$
$$= (44 \text{ BTU/h-ft}^2)(79.4 \text{ ft}^2)(1)(0.73)$$

$$Q = 2,550.32 \text{ BTU/h}$$

G_T = Ganancia de calor por conducción + ganancia de calor por radiación

$$= (908.3 \text{ BTU/h}) + (2,550.32 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 3,458.62 \text{ BTU/h}$$

VENTANA SUR

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t_r	t_o
1.04	79.4	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(79.4 \text{ ft}^2)(11 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q = 908.3 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
39	79.4	1	0.57

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$
$$= (44 \text{ BTU/h-ft}^2)(79.4 \text{ ft}^2)(1)(0.73)$$

$$Q = 1,765.06 \text{ BTU/h}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$
$$= (908.3 \text{ BTU/h}) + (1,765.06 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 2,673.36 \text{ BTU/h}$$

VENTANA ESTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	333.9	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$
$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$
$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(333.9 \text{ ft}^2)(11 \text{ } ^\circ\text{F})$$

$$Q = 3,819.8 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
225	333.9	1	0.35

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$
$$= (225 \text{ BTU/h- ft}^2)(333.9 \text{ ft}^2)(1)(0.35)$$

$$Q = 26,294.625 \text{ BTU/h}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$
$$= (3,819.8 \text{ BTU/h}) + (26,294.65 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 30,114.45 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
3,680	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(3,680 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 12,512 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q_s	q_l	FCE	n
230	190	1	60

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(60)(1)$$

$$Q_S = 13,800 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(60)$$

$$Q_L = 11,400 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (13,800 \text{ BTU/h}) + (11,400 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 25,200 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (15\%)$$
$$= (75,194.7 \text{ BTU/h})(15\%)$$

$$F_S = 11,279.12 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (hemeroteca)

ÁREA	Q (BTU/h)
Pared norte	130.8
Pared sur	52.3
Pared este	1,053.2
Ventana norte	3,458.62
Ventana sur	2,673.36
Ventana este	30,114.45
Iluminación	12,512
Ocupación	25,200
SUB-TOTAL	75,194.73
Factor de Seguridad	+ 11,279.12
CARGA TOTAL	86,473.85 BTU/h

SALA DE REUNIONES

Ganancia de calor por paredes a través de conducción

PARED NORTE

DATOS							
U	A	DTCE	LM	K	t _r	t _o	f
0.12	39	8	2	1	77	84	1

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)K + (78 - t_r) + (t_o - 85)f]$$

$$= [(8 + 2)1 + (78 - 77) + (84 - 85)1]$$

$$DTCE_e = 10 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (0.12 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^{\circ}\text{F})(39 \text{ ft}^2)(10 \text{ }^{\circ}\text{F})$$

$$Q = 46.8 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ventanas

VENTANA NORTE

Ganancia de calor por conducción

DATOS				
U	A	DTCE	t _r	t _o
1.04	25.8	11	77	84

$$DTCE_e = DTCE + (78 - t_r) + (t_o - 85)$$

$$= 11 + (78 - 77) + (84 - 85)$$

$$DTCE_e = 11 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$Q = U * A * DTCE_e$$

$$= (1.04 \text{ BTU/h-ft}^2\text{-}^\circ\text{F})(25.8 \text{ ft}^2)(11 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$Q = 295.15 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por radiación solar

DATOS			
FGCS	A	CS	FCE
44	25.8	1	0.73

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$= (44 \text{ BTU/h-ft}^2)(25.8 \text{ ft}^2)(1)(0.73)$$

$$Q = 828.7 \text{ BTU/h}$$

$$G_T = \text{Ganancia de calor por conducción} + \text{ganancia de calor por radiación}$$

$$= (295.15 \text{ BTU/h}) + (828.7 \text{ BTU/h})$$

$$G_T = 1,123.8 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
480	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$

$$= (3.4)(480 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 1,632 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q_s	q_l	FCE	n
230	190	1	10

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(10)(1)$$

$$Q_S = 2,300 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(10)$$

$$Q_L = 1,900 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (2,300 \text{ BTU/h}) + (1,900 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 4,200 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (10\%)$$
$$= (7,003 \text{ BTU/h})(10\%)$$

$$F_S = 700 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (sala de reuniones)

ÁREA	Q (BTU/h)
Pared norte	46.8
Ventana norte	1,123.8
Iluminación	1,632
Ocupación	4,200
SUB-TOTAL	7,003
Factor de Seguridad	+ 700
CARGA TOTAL	7,703 BTU/h

SECRETARÍA

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
640	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(640 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 2,176 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q _s	q _l	FCE	n
230	190	1	4

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(4)(1)$$

$$Q_S = 920 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(4)$$

$$Q_L = 760 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (920 \text{ BTU/h}) + (760 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 1,680 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (10\%)$$
$$= (3,856 \text{ BTU/h})(10\%)$$

$$F_s = 385.6 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (secretaria)

ÁREA	Q (BTU/h)
Iluminación	2,176
Ocupación	1,680
SUB-TOTAL	3,856
Factor de seguridad	+ 385.6
CARGA TOTAL	4,241.6 BTU/h

DIRECCIÓN

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
160	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(160 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 544 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q_s	q_l	FCE	n
230	190	1	4

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(4)(1)$$

$$Q_S = 920 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_l * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(4)$$

$$Q_L = 760 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (920 \text{ BTU/h}) + (760 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 1,680 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (10\%)$$

$$= (2,224 \text{ BTU/h})(10\%)$$

$$F_s = 222.4 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (dirección)

AREA	Q (BTU/h)
Iluminación	544
Ocupación	1,680
SUB-TOTAL	2,224
Factor de seguridad	+ 222.4
CARGA TOTAL	2,446.4 BTU/h

PROCESOS

Ganancia de calor por iluminación

DATOS		
W	FB	FCE
480	1	1

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$
$$= (3.4)(480 \text{ W})(1)(1)$$

$$Q = 1,632 \text{ BTU/h}$$

Ganancia de calor por ocupación

DATOS			
q _s	q _i	FCE	n
230	190	1	4

$$Q_S = q_s * n * FCE$$
$$= (230 \text{ BTU/h})(4)(1)$$

$$Q_S = 920 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = q_i * n$$
$$= (190 \text{ BTU/h})(4)$$

$$Q_L = 760 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T = Q_S + Q_L$$
$$= (920 \text{ BTU/h}) + (760 \text{ BTU/h})$$

$$Q_T = 1,680 \text{ BTU/h}$$

Factor de seguridad para la carga térmica

$$F_{\text{seguridad}} = (Q_T \text{ del área}) * (10\%)$$

$$= (3,312 \text{ BTU/h})(10\%)$$

$$F_s = 331.2 \text{ BTU/h}$$

CARGA TÉRMICA TOTAL DEL AREA (procesos)

AREA	Q (BTU/h)
Iluminación	1,632
Ocupación	1,680
SUB-TOTAL	3,312
Factor de seguridad	+ 331.2
CARGA TOTAL	3,643.2 BTU/h

Nota: en las áreas de la planta baja cuyas zonas (de estructura interior) no se realizó la estimación de ganancia de calor, se debe a que los espacios con los que limitan se encuentran climatizados a la misma temperatura, por lo cual no se produce ganancia de calor por conducción.



FACTURA - PROFORMA



No. RUC: J0310000121257

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería.
Representante: _____
caso Suministro e instalación de unidades de Aire Acondicionado.
Email: _____
Teléfono / Fax: _____
Fecha: 02/02/2017

Vendedor: Ing. Juan Benito Moreno.
Numero: 77027318
Email: ing.juanmoreno91@gmail.com
Validez (Oferta) 30 días
Forma de pago _____
Tiempo de Entrega Inmediata
Duración / trabajos _____

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL U\$
1	Unidad de Aire Acondicionado de 18,000 BTU evaporador-condensador 220 vol/1/60HZ-INVERTER SEER: 16 FREON R410 ECOLOGICO MARCA: LENNOX	\$860.00	\$860.00
4	Unidad de Aire Acondicionado de 36,000 BTU evaporador-condensador 220 vol/1/60HZ-INVERTER SEER: 16 FREON R410 ECOLOGICO MARCA: LENNOX	\$2,140.00	\$8,560.00
4	Unidad de Aire Acondicionado de 48,000 BTU evaporador-condensador 220 vol/1/60HZ-INVERTER SEER: 16 FREON R410 ECOLOGICO MARCA: LENNOX	\$2,550.00	\$10,200.00

5	Unidad Split ducto de 48,000 BTU evaporador-condensadora 220V/1/60 HZ- ALTA EFICIENCIA SEER 20 FREON R410 ECOLOGICO MARCA: LENNOX	\$8,100.00	\$40,500.00
1	INSTALACION DE CORTESIA.	\$0.00	\$0.00
	INCLUYE: Montaje de condensadora y Evaporadora, Acoplamiento de tubería 12 pies de distancia con su Insulacion de armaflex incluido, suministro e instalación de tubería de drenaje, suministro e instalación de soportaría de condensadora elaborada a base de angulares y pintura anticorrosiva, carga completa de refrigerante y mano de obra profesional.		
		Subtotal	\$60,120.00
		I.V.A.	\$9,018.00
		Total	\$69,138.00

☐ Filtro deshidratador ☐ Ojo Visor ☐ Protector de Voltaje

En Caso de ser aceptada nuestra oferta, favor remitirla sellada y firmada.

CLIMATIZANDO TU MUNDO



Garantía: **5 años por compresor, 1 año partes del equipo y 6 meses por instalación.**

Forma de Pago: 0.00% Adelanto 0.00% a la puesta de los equipos en el sitio de la obra
por Avance 100.00% a la recepción final de los trabajos

Crédito de: _____ días a partir de la fecha de recibido los trabajos

Observación. Elaborar cheque a nombre de **AMBIENTE CLIMATIZADO,S.A**

Ambiente Climatizado, S.A; no se hace responsable por atrasos generados por las obras civiles, Instalación no cubre Acometidas Eléctricas

Elaborado Por:
Ing. Juan Benito Moreno.
Departamento de Ventas

Autorizado por:

Nombre y Firma del Cliente

Delicias del Volga 2c Abajo M/I
Tel:22663447
Cel:75300397

Estimación de potencia consumida por los aparatos eléctricos en el edificio

Estimación de consumo de aparatos eléctricos que se encuentran en la biblioteca; basados en un uso de 12 horas al día y 24 días al mes según información obtenida por parte del personal de mantenimiento y entrevistas con el personal encargado de la biblioteca.

- Computadoras Personales (PC)

- Total de unidades: 15
- Potencia activa: 144 W

$$P_T = \frac{144W/h \cdot 15}{1000} = 2.16 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 2.16 \text{ kW/h} \cdot 12 \text{ h/día} = 25.92 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 25.92 \text{ kW/día} \cdot 24 \text{ días/mes} = 622.08 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 622.08 \text{ kW/mes} \cdot 12 \text{ meses/año} = 7,464.96 \text{ kW/año}$

- Lámparas

- Total de unidades: 220
- Potencia activa: lámparas de doble tubo, (40 W)(2) = 80 W

$$P_T = \frac{80W/h \cdot 220}{1000} = 17.6 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 17.6 \text{ kW/h} \cdot 12 \text{ h/día} = 211.2 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 211.2 \text{ kW/día} \cdot 24 \text{ días/mes} = 5,068.8 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 5,068.8 \text{ kW/mes} \cdot 12 \text{ meses/año} = 60,825.6 \text{ kW/año}$

- Unidades split de 60,000 BTU (*antiguas*)

- Total de unidades: 11
- Potencia activa: 6,100 W

$$P_T = \frac{6100W/h * 11}{1000} = 67.1 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 67.1 \text{ kW/h} * 12 \text{ h/día} = 805.2 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 805.2 \text{ kW/día} * 24 \text{ días/mes} = 19,324.8 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 19,324.8 \text{ kW/mes} * 12 \text{ meses/año} = 231,897.6 \text{ kW/año}$

- **Unidades split de 60,000 BTU (nuevas)**

- Total de unidades: 6
- Potencia activa: 4360 W

$$P_T = \frac{4360W/h * 6}{1000} = 26.16 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 26.16 \text{ kW/h} * 12 \text{ h/día} = 313.92 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 313.92 \text{ kW/día} * 24 \text{ días/mes} = 7,534.08 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 7,534.08 \text{ kW/mes} * 12 \text{ meses/año} = 90,408.96 \text{ kW/año}$

- **Unidades centrales de 48,000 BTU**

- Total de unidades: 5
- Potencia activa: 8,700 W

$$P_T = \frac{8700W/h * 5}{1000} = 43.5 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 43.5 \text{ kW/h} * 12 \text{ h/día} = 522 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 522 \text{ kW/día} * 24 \text{ días/mes} = 12,528 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 12,528 \text{ kW/mes} * 12 \text{ meses/año} = 150,336 \text{ kW/año}$

- **Microondas (*únicamente tiene un uso de 1 hora por día*)**
 - Total de unidades: 1
 - Potencia activa: 1,000 W

$$P_T = \frac{1000W/h*1}{1000} = 1 \text{ kW/h}$$

Potencia consumida

- Por día: $P_{\text{día}} = 1 \text{ kW/día}$
- Por mes: $P_{\text{mes}} = 1 \text{ kW/día} * 24 \text{ días/mes} = 24 \text{ kW/mes}$
- Por año: $P_{\text{año}} = 24 \text{ kW/mes} * 12 \text{ meses/año} = 288 \text{ kW/año}$

➤ **Tablas De Refrigeración**

Tabla A1. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/h Ft²·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Tabla A2. Diferencias de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) para cálculo de carga d paredes al sol

	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24				
Latitud norte, orientación de pared	Paredes grupo A																											
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24	22	18	24	6
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7
	Paredes grupo B																											
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12
	Paredes grupo C																											
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	30	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	12	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	26	22	10	27	17
	Paredes grupo D																											
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25
	Paredes grupo E																											
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	16	4	26	22
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33
	Paredes grupo F																											
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44
	Paredes grupo G																											
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55

Tabla A3. Descripción de grupos de construcción de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h·ft ² ·°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² ·°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Tabla A4. Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitudes norte

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

[illegible]

0 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

8 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	231	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	208	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

16 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

24 Grados										
	N	NNE/NNW	NE/NW	ENE/WNW	E/W	ESE/WSW	SE/SW	SEE/SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80							

Tabla A7. Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior

Latitud norte. Ventana hacia el recinto	Hora solar, h																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.

M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.

H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

Tabla A8. Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio (BTU/h-ft²-°F)

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico			Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico		
Descripción	Exterior		Descripción	Interior	
	Invierno	Verano		Invierno	Verano
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.58	0.61	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4" ^a	0.65	0.54
espacio de aire de 1/2" ^b	0.49	0.56	espacio de aire de 1/2" ^b	0.59	0.49
espacio de aire de 1/2" ^c , recubrimiento de baja emisión ^c			espacio de aire de 1/2" ^c , recubrimiento de baja emisión ^c		
e = 0.20	0.32	0.38	e = 0.20	0.48	0.36
e = 0.40	0.38	0.45	e = 0.40	0.42	0.42
e = 0.60	0.43	0.51	e = 0.60	0.56	0.46
Vidrio aislante - triple ^d			Tragaluz ^e 11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35
espacio de aire de 1/4" ^a	0.39	0.44	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34
espacio de aire de 1/2" ^b	0.31	0.39			
ventanas dobles			Domos de plástico ^f de pared sencilla de pared doble	1.15 0.70	0.80 0.46
espacio de aire de 1" a 4" ^a	0.50	0.50			
Lámina de plástico sencilla			Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales		
1/8" espesor	1.06	0.98	Descripción	Vidrio sencillo	Ventanas dobles
1/4" espesor	0.96	0.89		Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
1/2" espesor	0.81	0.76			
unidad aislante - doble	0.55	0.56	Ventanas Todas de vidrio	1.00	1.00
espacio de aire de 1/4" ^a	0.43	0.45	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.90
espacio de aire de 1/2" ^b			Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.80
			Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 ^a
Tragaluz ^e			Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	--
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	Marco de madera	1.00	--
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	Marco de metal		
— con divisor del hueco	0.48	0.46			
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50			
— con divisor del hueco	0.44	0.42			
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57			

Tabla A9. Tasas de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino				calor total ajustado ^a				Calor sensible				Calor latente			
		Watts	Btuh	kcal/h		Watts	Btuh	kcal/h		Watts	Btuh	kcal/h		Watts	Btuh	kcal/h	
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30			
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50			
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	145	75	255	60	95	325	80			
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	130	75	255	60	75	255	65			
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	160	90	315	80	95	325	80			
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	195	100	345	90	130	435	110			
Caminando 3 mph trabajo ligero	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	260	100	345	90	205	695	170			
Trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	240	100	345	90	180	615	150			
Boliche		400	1360	340	375	1280	320	320	120	405	100	255	875	220			
Baile moderado	Salón de baile																
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	400	165	565	140	300	1035	260			
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	450	185	635	160	340	1165	290			

^a Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

^b La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Tabla B1. Consumo promedio de aparatos eléctricos establecido por INE.

Aires Acondicionados Unidades Centrales

Ton	Voltios	Amperios	Vatios	Hrs/Mes	kWh/mes	kWh/día
1	240	8.61	1,756.4	200	351.29	11.71
2	240	16.54	3,374.2	200	674.83	22.49
2.5	240	20.01	4,082.0	200	816.41	27.21
3	240	25.25	5,151.0	200	1,030.20	34.34
3.5	240	30.9	6,303.6	200	1,260.72	42.02
4	240	35.25	7,191.0	200	1,438.20	47.94
5	240	43.05	8,782.2	200	1,756.44	58.55
10	240	86.1	17,564.4	200	3,512.88	117.10
15	240	129.14	26,344.6	200	5,268.91	175.63

CONSUMO PROMEDIO DE APARATOS ELECTRICOS EN BASE A HORAS COMERCIAL E INDUSTRIAL

Aires Acondicionados Split

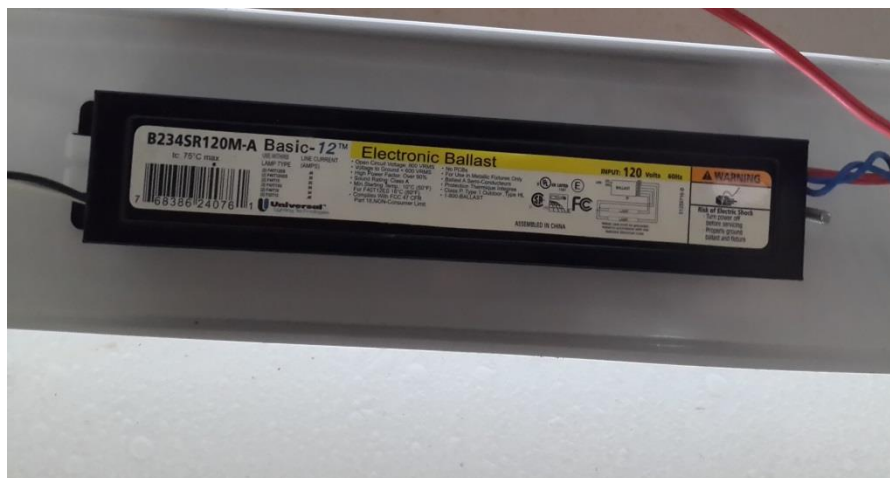
BTU/Hr	BTU/w	Voltios	Amperios	Vatios	Hrs/Mes	kWh/mes	kWh/día
9000	10.63	240	4.15	846.6	200	169.32	5.64
11000	11.00	240	4.90	999.6	200	199.92	6.66
12000	9.55	240	6.16	1,256.6	200	251.33	8.38
18000	10.38	240	8.50	1,734.0	200	346.80	11.56
24000	90,,5	240	13.00	2,652.0	200	530.40	17.68
36000	10.21	240	18.80	3,835.2	200	767.04	25.57
35000	9.46	208-230 3F	12.10	4,820.3	200	964.06	32.14
47300	9.24	240	25.10	5,120.4	200	1,024.08	34.14
47300	10.31	208-230 3F	15.00	5,975.6	200	1,195.11	39.84
48000	9.65	380 3F	8.90	5,857.8	200	1,171.56	39.05
58500	9.89	240	29.00	5,916.0	200	1,183.20	39.44
58500	10.07	208-230 3F	19.00	7,569.1	200	1,513.81	50.46
60000	10.74	380 3F	10.00	6,581.8	200	1,316.36	43.88

CONSUMO PROMEDIO DE APARATOS ELECTRICOS EN BASE A HORAS COMERCIAL E INDUSTRIAL

➤ Fotos De Las Instalaciones Y Los Equipos Del Edificio



BANCO DE TRANSFORMADORES DE
LA BIBLIOTEA



BALASTRO ELECTRÓNICO DE LÁMPARAS



UNIDADES CONDENSADORAS DE LA PLANTA BAJA





ÁREA DE HEMEROTECA



EQUIPO DE AIRE
ACONDICIONADO
DE HEMEROTECA



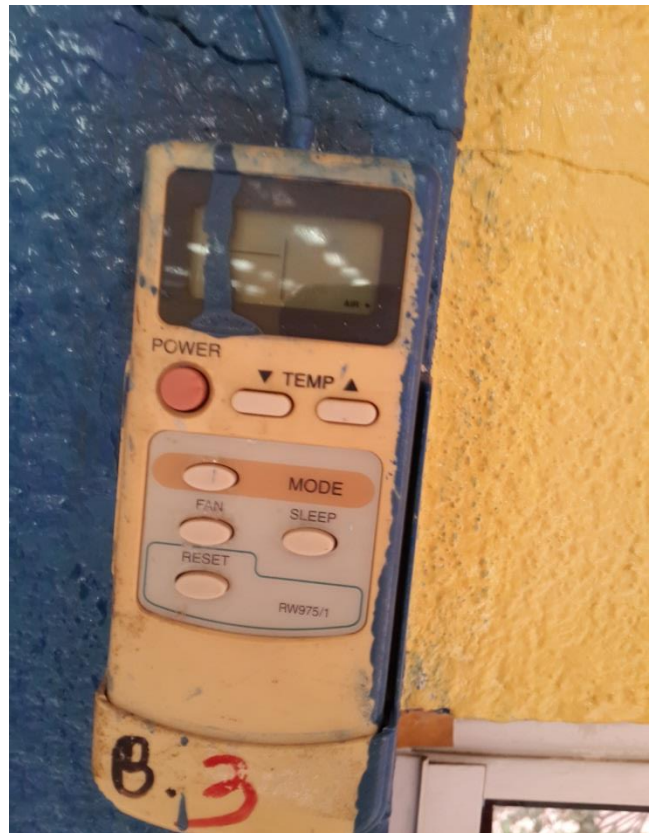
EQUIPOS DE AIRE
ACONDICIONADO, PLANTA
ALTA





PANELES DE
BRAKERS DE AIRES
ACONDICIONADOS
DE LA PLANTA
ALTA

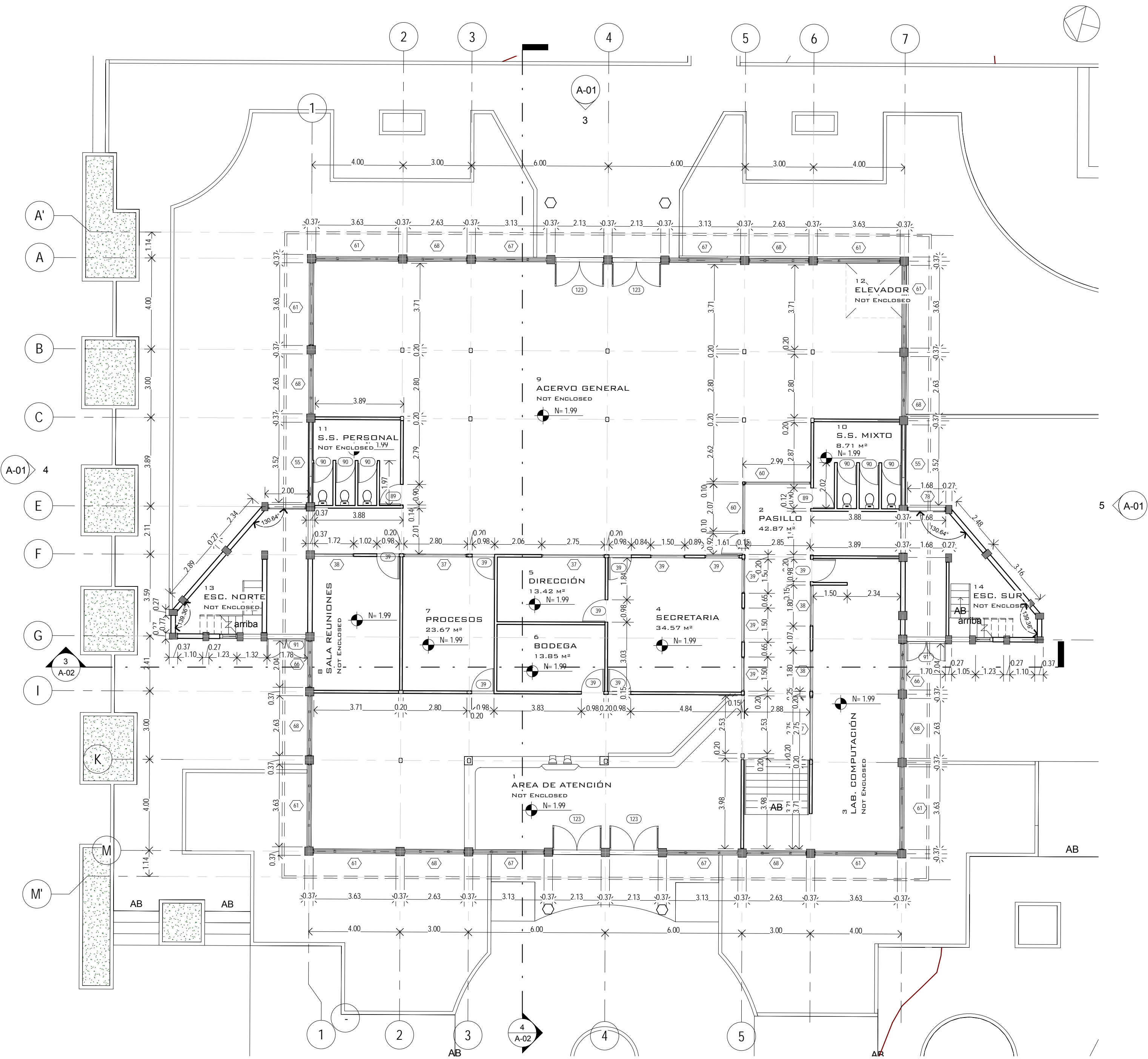
CONTROL DE
UNIDAD DE AIRE
ACONDICIONADO,
PLANTA ALTA





DAÑOS DEL CIELO RASO, PLANTA ALTA



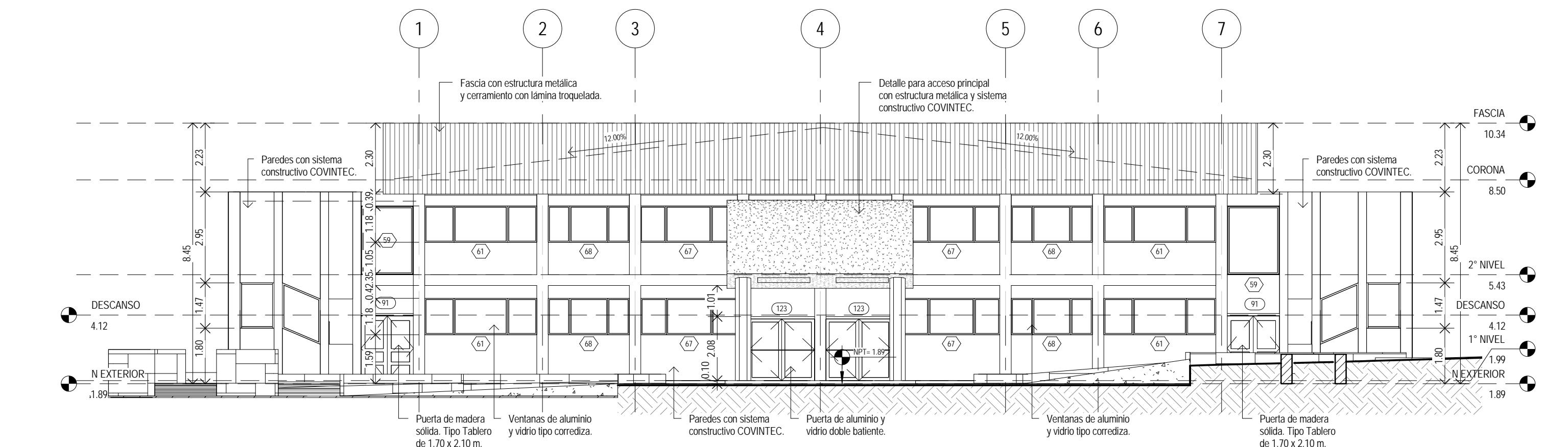


1 PLANTA ARQUITECTONICA PRIMER NIVEL
A-01 1:125

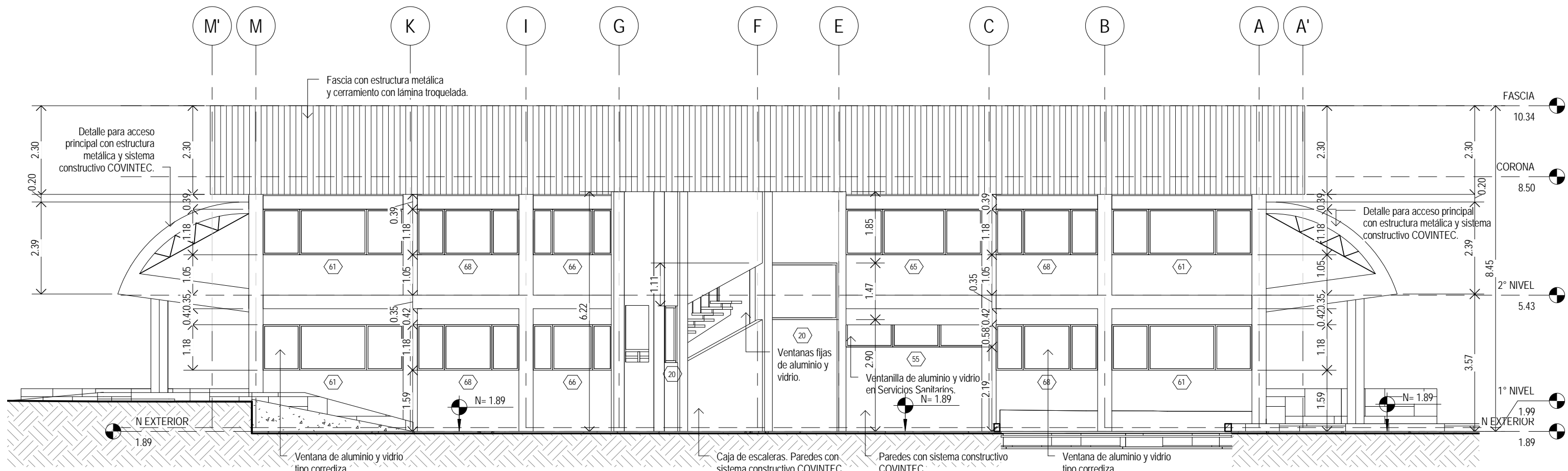
TABLA DE PLANIFICACION DE PISOS			
Nivel	Type	Área	Perímetro
1° NIVEL	Piso Antigua Biblioteca	19.65 m²	26.05
1° NIVEL	Losa de Entrepiso	5.00 m²	9.55
1° NIVEL	Piso Antigua Biblioteca	690.03 m²	129.35
1° NIVEL	Descanso de Escaleras Laterales	1.18 m²	4.36
1° NIVEL	Descanso de Escaleras Laterales	0.71 m²	3.38
1° NIVEL	Descanso de Escaleras Laterales	1.18 m²	4.36
1° NIVEL	Descanso de Escaleras Laterales	0.77 m²	3.54
1° NIVEL	Piso Antigua Biblioteca	23.44 m²	21.22
1° NIVEL: 8		741.95 m²	201.81
2° NIVEL	Losa de Entrepiso	651.31 m²	125.40
2° NIVEL: 1		651.31 m²	125.40
Grand total: 9		1393.26 m²	327.21

TABLA DE VENTANAS EXISTENTES

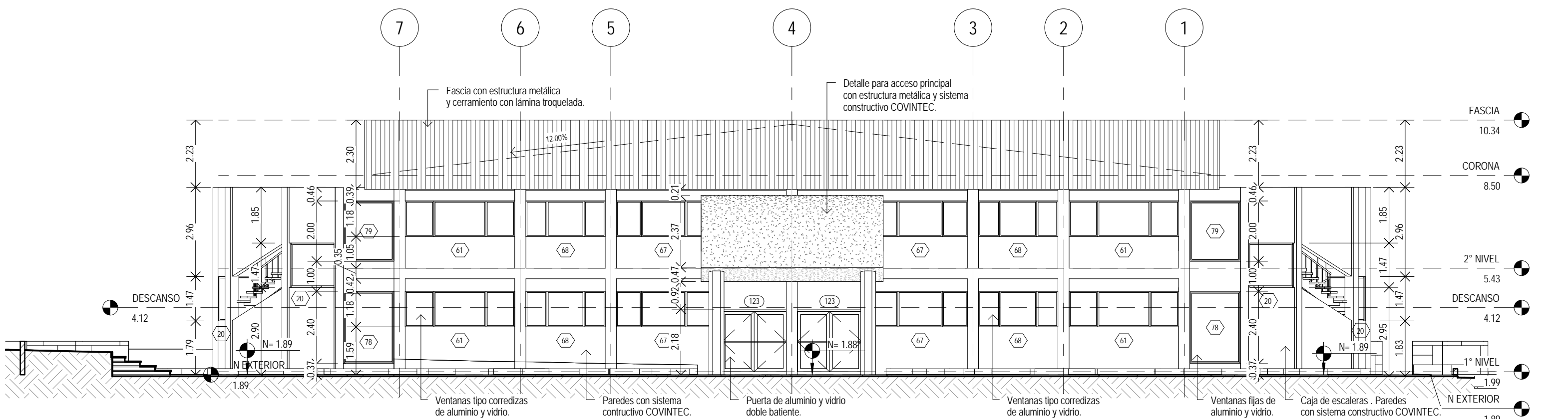
NIVEL	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DIMENSIONES	
				ANCHO	ALTO
1° NIVEL	Ventanas fijas 2.80 x 1.22 m	37	3	2.75	1.22
1° NIVEL	Ventanas Fijas 1.80 x 1.22 m	38	3	1.80	1.22
1° NIVEL	Ventanas Fijas 1.50 x 1.22 m	39	5	1.50	1.22
1° NIVEL	Ventanillas para Baterías Sanitarias Existentes	55	2	3.63	0.58
1° NIVEL	Ventanas para partición ligera division de hermeroteca Existente	60	2		1.76
1° NIVEL	Multi-Panel_Awning_1958	61	8	3.63	1.18
1° NIVEL	Ventana corrediza de 2.04 m.	66	2	2.04	1.18
1° NIVEL	Ventana corrediza de 3.13 m.	67	4	3.13	1.18
1° NIVEL	Ventana corrediza de 2.63 m.	68	8	2.63	1.18
1° NIVEL	Ventana en Area de Escaleras de 1.92 m. alto primer nivel	78	2	1.68	2.40
1° NIVEL: 39					
2° NIVEL	Ventana de Aluminio y Vidrio Fijo Caja de Escaleras de 2.25 x 1.25 m.	59	2	1.69	2.23
2° NIVEL	Multi-Panel_Awning_1958	61	9	3.63	1.18
2° NIVEL	Ventana Corrediza de Aluminio y Vidrio de 3.52 x 1.18 m.	65	1	3.52	1.18
2° NIVEL	Ventana corrediza de 2.04 m.	66	2	2.04	1.18
2° NIVEL	Ventana corrediza de 3.13 m.	67	4	3.13	1.18
2° NIVEL	Ventana corrediza de 2.63 m.	68	8	2.63	1.18
2° NIVEL	Ventana en Area de Escaleras de 2.00 m. alto segundo nivel	79	2	1.68	2.00
2° NIVEL: 28					
Grand total: 67					



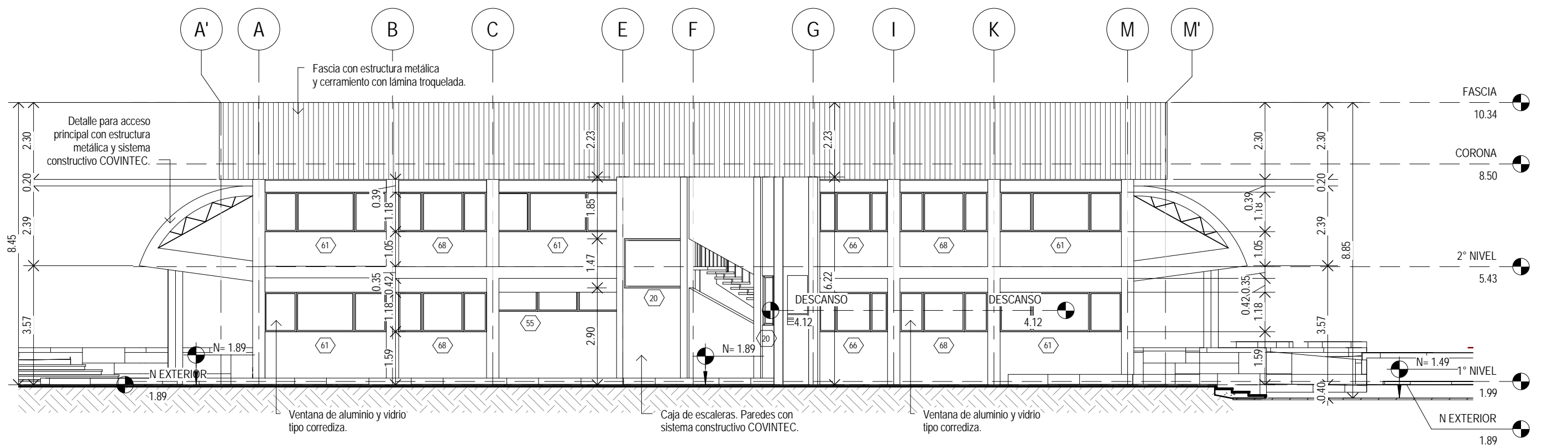
2 ELEVACION EXISTENTE COSTADO OESTE
A-01 1:125



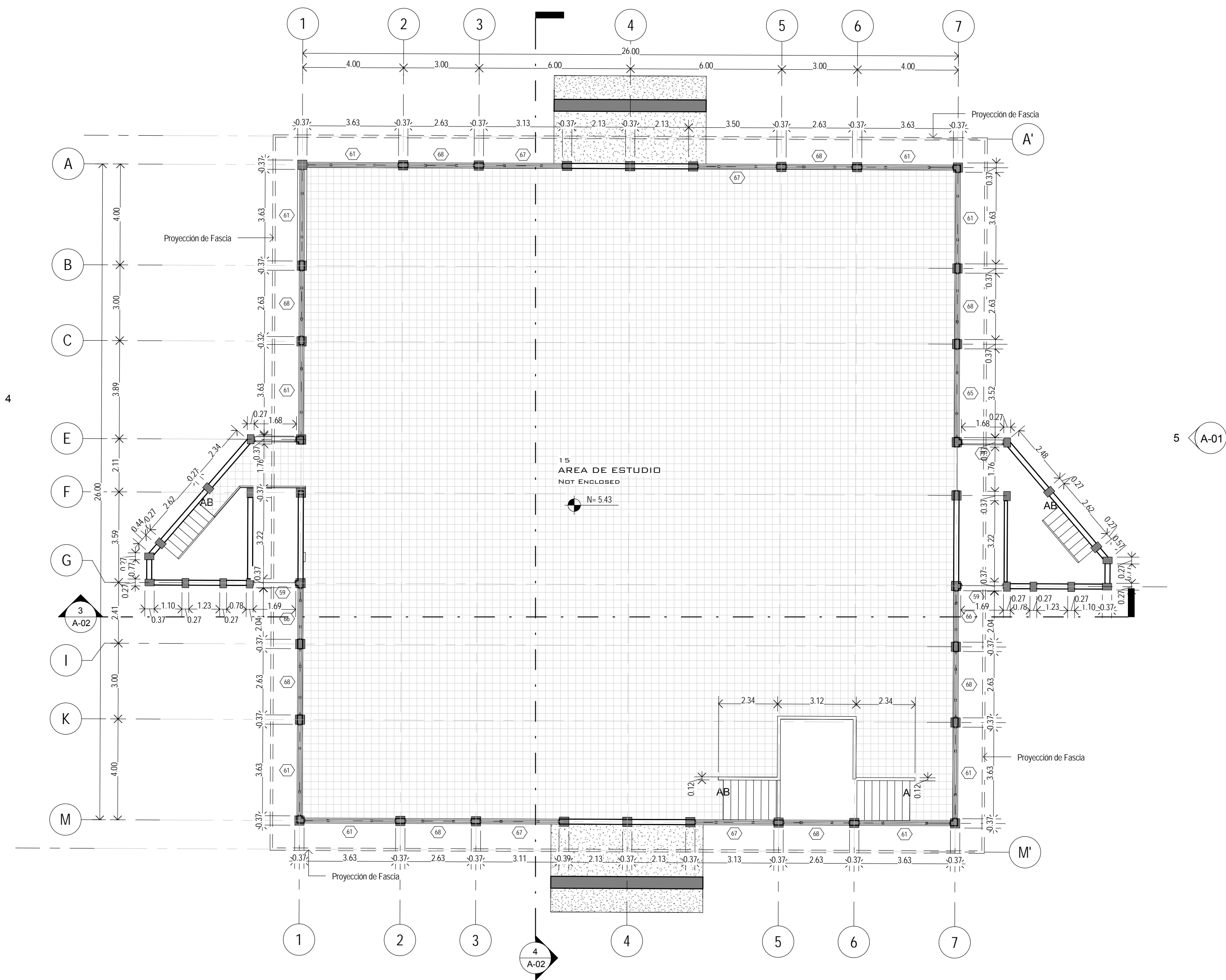
5 ELEVACION EXISTENTE COSTADO SUR
A-01 1:100



3 ELEVACION EXISTENTE COSTADO ESTE
A-01 1:125



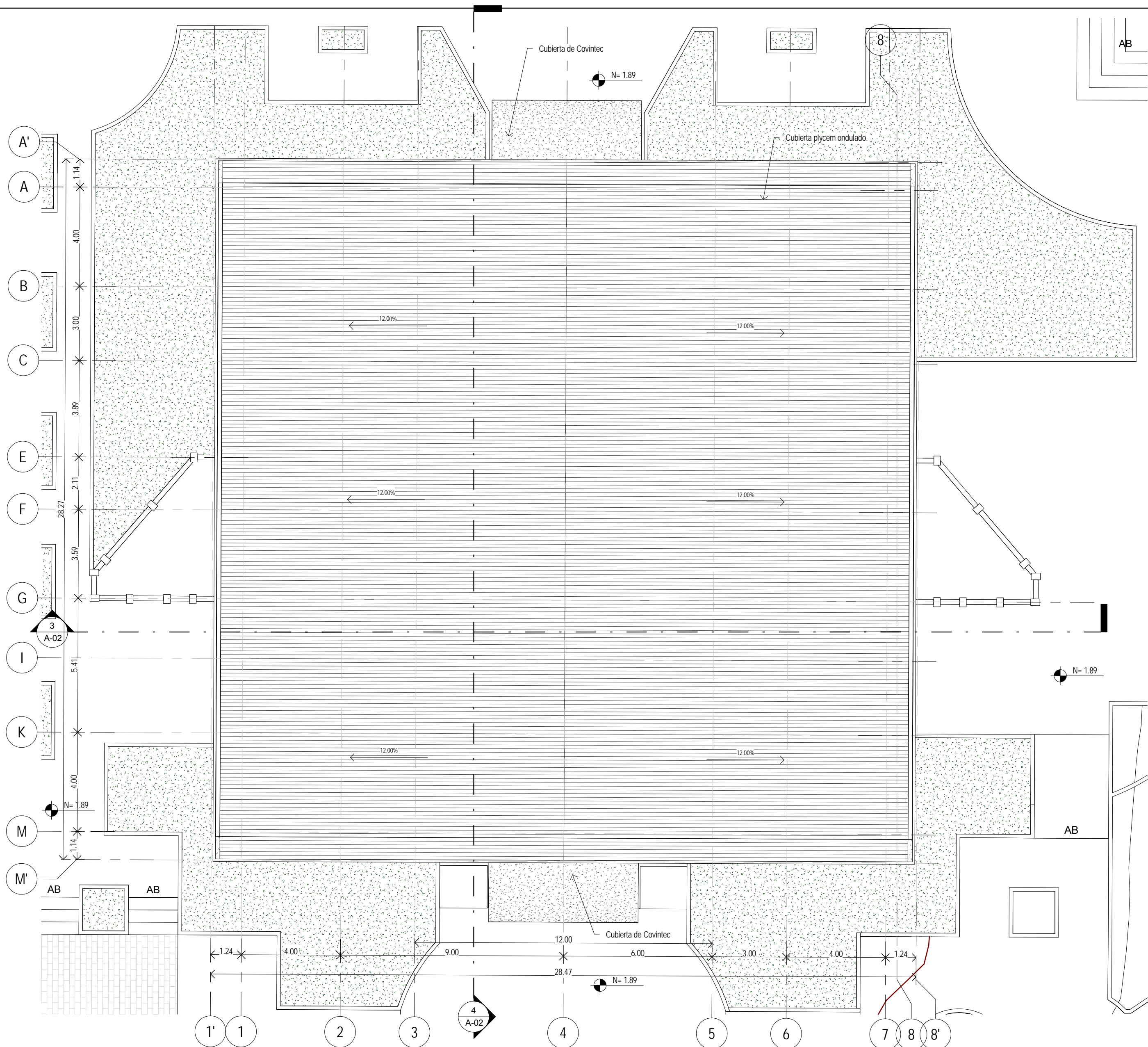
4 ELEVACION EXISTENTE COSTADO NORTE
A-01 1:125



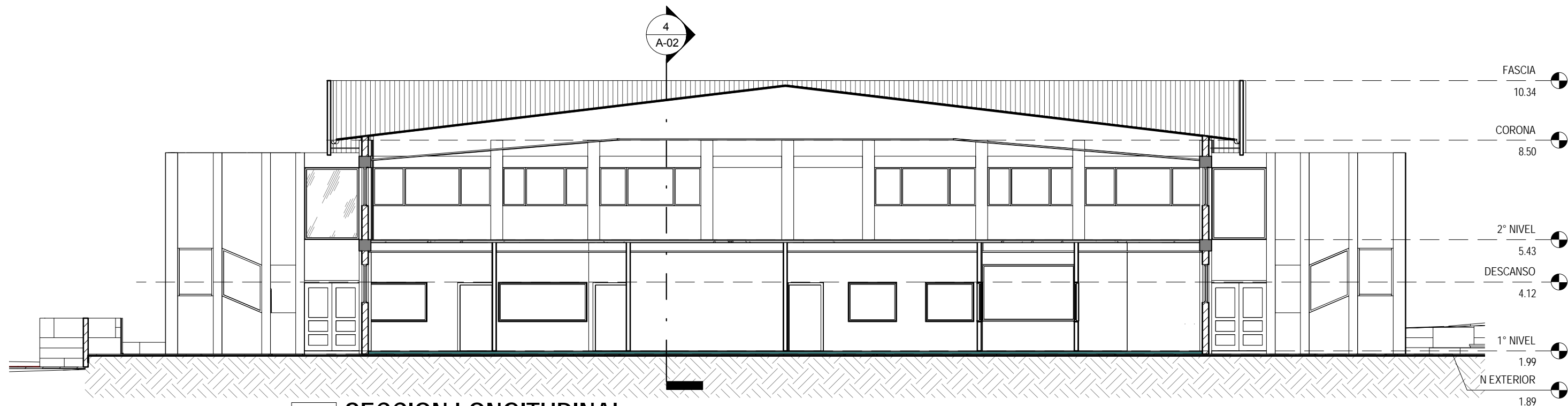
2 PLANTA ARQUITECTONICA SEGUNDO NIVEL
A-02 1 : 125

CONTABILIDAD DE PUERTAS				
Level	DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	ALTUR A	ANCH O
1° NIVEL	Puerta Doble Actual Acceso Principal 2.13 x 2.10	4	2.00	2.13
1° NIVEL	Puerta Madera tipo Tambor Existente 0.98 x 2.03 m.	8	2.03	0.98
1° NIVEL	Puerta para Salida de Emergencias Actual Biblioteca de 1.70 x 2.10	2	2.10	1.70
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Acervo Hemeroteca L-Serie Door with Narrow Lite	1	2.13	0.92
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Antipánico Acceso a Hemeroteca	4	2.00	2.13
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Antipánico Salida Hemeroteca de 2.00 x 2.06 m.	1	2.00	2.00
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Bodega CE-Serie E21 - Six Panel Door	3	2.03	0.98
1° NIVEL	Puerta Steelcraft en Cerramientos Muro Cortina de 1.75 x 2.10 m.	1	2.00	1.40
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Lab de Comp. CE-Serie E21 - Six Panel Door	1	2.03	0.98
1° NIVEL	Puerta Steelcraft S.S. Existentes CE-Serie E21 - Six Panel Door	1	2.03	0.90
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Sala de Juntas CE-Serie E21 - Six Panel Door	1	2.03	0.98
1° NIVEL	Puerta Steelcraft Salida de Emergencias Antipánico 1.70 x 2.10	1	2.10	1.70
1° NIVEL	Puerta tipo Tambor Acceso a Hemeroteca 0.92 x 2.03	1	2.03	0.92
1° NIVEL	Puerta tipo Tambor Acceso Baterías Sanitarias Existentes 0.90 x 2.10	2	2.10	0.90
1° NIVEL	Puertas Tipo Tambor para S.S. Existentes de 0.80 x 2.10 m.	6	2.13	0.85
1° NIVEL: 37		37		
Grand total: 37		37		

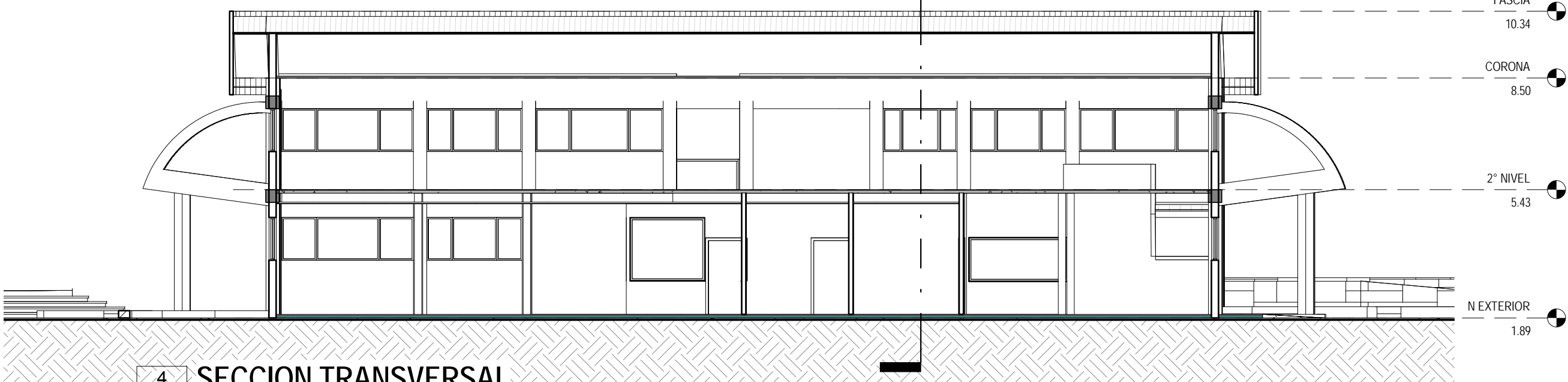
TABLA DE PLANIFICACION DE CUBIERTAS	
Type	Área
Cubierta con Lamina de Zinc	737.55 m²
Cubierta con Lamina de Zinc	25.17 m²
Cubierta con Lamina de Zinc	25.18 m²
Cubierta con Lamina de Zinc: 3	787.89 m²
Losa para Cubierta Ampliación	22.69 m²
Losa para Cubierta Ampliación	22.69 m²
Losa para Cubierta Ampliación: 2	45.38 m²
Grand total: 5	833.27 m²



1 PLANTA DE CUBIERTAS
A-02 1 : 125



3 SECCION LONGITUDINAL
A-02 1 : 125



4 SECCION TRANSVERSAL
A-02 1 : 125

El diseño y los planos, son propiedad de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA (UNI). Se prohíbe su reproducción total o parcial sin el debido consentimiento explícito y por escrito del Diseñador.

Las firmas y sellos originales, deberán aparecer en cada copia de los planos originales.

ARCHITECTUR

Arq.Designer

STRUCTURA

ECTRICIDAD

HYDRAULICA

LECOMUNICACIONES

EDIFICIO DE BIBLIOTECA ESMAN MARIN

PLANTAS DE CIELO REFLEJADO

NOTAS GENERALES

El diseñador, no se hace responsable
el uso de materiales de menor
idad que los aquí indicados, por
la ejecución de la construcción y
problemas surgidos de no seguir
indicaciones de los planos y las
especificaciones técnicas. Igualmente,
es responsable por modificaciones
cambios hechos sin previa
autorización por escrito.

VISIONES

LABORACION

Dr. Vianney Palacios

VISO:

necker

OPPIETARIO

NI-RUSE

gar:

ANAGUA

cha:

/03/2015 12:49:25 p.m.

cala

: 100

NÚMERO

TOTAL

A-03

10/03/2015 12:49:25 p.m.

[illegible][illegible]

Cielo Falso				
Level	Type	Area	Slope	Description
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
	Cielo de Plycem	0.74 m²		
: 44		32.70 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	90.19 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	189.47 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	21.09 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	22.18 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	12.36 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	31.60 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	34.10 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	14.45 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	14.63 m²		

Cielo Falso				
Level	Type	Area	Slope	Description
1° NIVEL	Cielo de Plycem	13.42 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	34.57 m²		
1° NIVEL	Cielo de Plycem	23.67 m²		
1° NIVEL: 12		501.74 m²		
2° NIVEL	Cielo de Plycem	268.29 m²		
2° NIVEL	Cielo de Plycem	199.33 m²	8%	
2° NIVEL	Cielo de Plycem	199.33 m²	8%	
2° NIVEL: 3		666.95 m²		
Grand total: 59		1201.39 m²		